

# Provning och utvärdering av nya typer av artificiellt ljus i hönsstallar

*Testing and evaluation of new types of artificial lighting systems in houses for laying hens*

**Christer Nilsson, Alexandra Hermansson, Monica Säter,  
Johan Röklander, Birger Hjalmarsson & Stefan  
Gunnarsson**



**Provning och utvärdering av nya typer av artificiellt ljus i  
hönsstallar**

*Testing and evaluation of new types of artificial lighting systems in  
houses for laying hens*

**Christer Nilsson, Alexandra Hermansson, Monica Säter, Johan Röklander,  
Birger Hjalmarsson & Stefan Gunnarsson**

**Projektrapport från provning av ny teknik enligt  
Djurskyddsförordningen (7 §, 1988:539).**

## Innehållsförteckning

1. Förord.....	5
2. Summary/Sammanfattning .....	7
3. Bakgrund .....	9
4. Litteratur inom området .....	11
4.1 Ögats anatomi.....	11
4.2 Ögats roll - ett visuellt och ett fysiologiskt system .....	11
4.3 Hönans syn .....	11
4.4 Kritisk flimmerfrekvens .....	12
4.5 Hönans kroppsklockor.....	12
4.5.1 Årsklockan .....	13
4.5.2 Photorefractoriness – när produktionen går ned .....	13
4.5.3Dygnsklockan.....	13
4.5.4 Skymning – startsignal för äggbildning .....	14
4.6 Ljusnivå och produktion.....	14
4.7 Ljuset och hönans beteende.....	15
4.8 UV-ljusets betydelse .....	15
4.9 Höns och belysningskällor .....	16
4.10 Utformning av belysningskälla .....	16
4.11 Placering av belysningskälla och dagsljusinsläpp.....	17
5. Grundläggande om ljus och ljuskällor .....	19
5.1 Spektralfördelning .....	19
5.2 Färgtemperatur .....	20
5.3 Färgåtergivningstal .....	20
5.4 Ljusflöde.....	20
5.5 Belysningsstyrka .....	21
5.6 Ljusstyrka .....	21
5.7 Luminans.....	21
5.8 Märkning av lampförpackningar .....	21
6. Utfasning av glödlampor och alternativ .....	22
7. Krav i hönsstallar .....	25
8. Kartläggning av ljus i befintliga stallar .....	27
8.1 Metodik för ljusmätningar .....	27

8.2 Dokumentation av stalldata .....	28
8.3 Resultat av mätningarna.....	28
8.4 Sammanfattning och diskussion .....	37
9. Ny teknikprovning av stallar med HATO-belysning .....	39
9.1 Beskrivning av försöken .....	39
9.2 Resultat av ljusmätningarna.....	40
9.3 Klinisk djurhälsa och djurbeteende.....	43
9.4 HATO-lampan .....	51
9.5 Sammanfattning och diskussion .....	51
9.6 Råd till Jordbruksverket.....	52
10. Stall med LED-belysning .....	54
10.1 Resultat av ljusmätningarna.....	54
10.2 Klinisk djurhälsa och djurbeteende.....	55
10.3 Diskussion.....	60
11. Slutord om framtida val av ljuskälla .....	62
12. Referenser.....	63
Bilaga 1-3	

# 1. FÖRORD

Dagens värphöna är en dagaktiv fågel i likhet med sin föregångare, den röda djungelhönan, som fortfarande finns i Sydostasien (Collias och Collias, 1967). Såväl dagslängd som ljusnivå och ljusets sammansättning påverkar hönans äggproduktion, hälsa och välfärd. Synen är hönans viktigaste sinnesorgan och har en direkt koppling till hormonell utsöndring i t.ex. tallkottkörteln, vilken bl.a. styr dygnsrytmen (Prescott *et al.* 2003). Detta medför att rätt hantering och styrning av ljusmiljön i värphönsstallar är av högsta vikt för hönans välfärd och produktion. Enligt den svenska djurskyddsförordningen (2 §, 1988:539) ska ett djurstall vara försett med fönster för dagsljus. Dock får djurstallar vara försedda med andra ljusinsläpp för dagsljus än fönster (1 kap. 24 § SJVFS 2010:15). Dessutom ska stallar vara försedda med fast monterad belysning som inte förorsakar djuren obehag och som medger att tillsyn kan utövas utan svårighet (1 kap. 6 §, SJVFS 2010:15). För att undvika att felaktig teknik introduceras i svensk djurhållning ska all ny teknik i djurstallar förprövas från djurhälso- och djurskyddssynpunkt enligt djurskyddsförordningen (7 §, 1988:539).

Tillämpningen av belysning och dagsljusinsläpp i svenska värphönsstallar baseras idag till stor del på erfarenheter, ”trial and error” och i viss mån även på fördomar. Detta beror dels på att det ännu saknas kunskap om hur höns uppfattar och reagerar på ljus och dels på att den forskning som är gjord inte når ut till djurägare och andra inom branschen.

Målsättningen med detta projekt har varit att sammanställa befintlig kunskap samt att öka kunskaperna om ljus i hönsstallar. Detta har gjorts för att analysera för- och nackdelar med dagsljus från fönster i hönsstallar, hur ett lämpligt dagsljusinsläpp ska utformas eller ersättas, om behov finns, samt undersöka vilka ljuskällor som är mest lämpade att ersätta glödlampor som enligt EU-beslut fasades ut med början hösten 2009.

Projektet var indelat i följande delprojekt:

- Sammanställning av nuvarande forskningsrön kring hönans syn och uppfattningsförmåga (perception) av ljus och hur detta ska kunna tillgodoses på bästa sätt i värphönsstallar.
- Kartläggning och dokumentation av hur ljuset i svenska hönsstallar ser ut och sköts med avseende på spektralprofil, ljusfördelning och ljusnivå.
- Ny teknikprövning av en ny typ av lysrörsarmatur med beteckningen HATO®. Prövningen omfattade en undersökning av hur dessa ljuskällor påverkade djurhälsa och djurskydd hos värphönsor. Vidare undersöktes om armaturer av detta slag bättre tillgodosåg hönsens krav på naturligt ljus än idag förekommande ljuskällor.
- Utvärdering av, den alltmer förekommande ljuskällan LED (Light Emitting Diode), som ett alternativ till glödljus i värphönsstallar.

Projektet har drivits av branschorganisationen Svenska Ägg med agronom Christer Nilsson som samordnare. Projektgruppen har bestått av följande personer

Universitetslektor, Leg. Vet. Stefan Gunnarsson och försökstekniker Anne Larsen, Inst. för Husdjurens miljö och hälsa (HMH), SLU, Skara.

Tekn. Dr. Monica Säter, belysningsplanerare, Chalmers och belysningsplanerare Johan Röklander, Irrbloss, Jönköping.

Agr.Dr. Alexandra Hermansson, Svenska Ägg, Stockholm

Birger Hjalmarsson, Gimranäs AB, Herrljunga

Projektet har finansierats av Jordbruksverket samt Svenska Ägg. Svenska Ägg har bekostat Alexandra Hermanssons medverkan och Gimranäs AB har bekostat Birger Hjalmarssons medverkan.

## 2. SUMMARY

The lighting environment in egg production is crucial for laying hens and their egg laying. Compared to humans, birds have a fourth type of cone in the retina which allows the perception of electromagnetic radiation below 400 nm. Birds also have a greater spectral sensitivity than humans and a high critical flicker frequency, 100 Hz, therefore they may react differently on the lighting environment than humans.

According to the Swedish animal welfare law all farm animals should be housed in houses with daylight inlets. However, there are no guidelines for how these daylight inlets should be designed or placed in the hen house. Inappropriate lighting management or daylight inlets may increase the risk for behavioural problems, e.g. cannibalism and feather pecking. Incandescent light has until recently been the most common type of artificial light in Swedish hen houses. Due to the EU ban of incandescent light bulbs there is, however, a need for replacement lighting. There is also need for alternative light sources in existing layer houses, with unsuitable daylight inlets, as well as guidelines for how to design day light inlets, when building new hen houses.

The aim of this project was to evaluate an alternative light source unsuitable daylight inlets and an alternative light source to incandescent light. Furthermore, guidelines on how to design and place daylight inlets were put together, based upon a literature study and a field study of existing daylight inlets in Sweden.

A new lighting equipment (HATO® Agricultural Lighting) has been introduced in Sweden. It is reported to have a spectral range more similar to natural light with a more even wavelength distribution between 400 and 700 nm, and a higher content of the ultraviolet A light (UVA). In order to be approved as an alternative to daylight inlet the lamp must not cause decreased bird welfare. A field study of two farms with laying hens in aviary and furnished cage and one rearing farm (aviary), already equipped with HATO®, were therefore performed during one production period.

LED (Light Emitting Diode) was evaluated as an alternative light source to incandescent light. A field study of one layer farm during one production period was performed.

The lighting environment in the farms was recorded regarding distribution intensity and spectral distribution in the aisles, at the feeding troughs and at the nests. Clinical inspections and qualitative behavioural studies were performed on a random sample of 100 birds at each farm. Pullets were inspected at 1, 10 and 14 weeks of age, and the production flocks were inspected at 35, 55 and 70 weeks of age.

The light intensity in the stables with HATO® was 12-70 lux at the rearing farm, 2.5 – 26 lux in the house with furnished cages and 7.6 – 26 lux in the aviary. In the farm with LED the light intensity was 0.7-11 lux. Production of the batches was normal compared to national standards. In the flocks studied the frequencies of negative behaviour such as tense or nervous were low. Body condition was normal and occurrence of comb damage was low. Feather pecking was observed but a clear connection to the housing or light system cannot be made. Feather pecking is also reported in hens with access to outdoor areas.

When using daylight inlets, it is important that the light is evenly distributed in the stable and that the daylight is coordinated with the existing lighting program in the stable.

## SAMMANFATTNING

Ljusmiljön i hönsbush är avgörande för värphönsorna och deras äggläggning. Fåglar har, till skillnad från människor en fjärde typ av kon i ögats näthinna som gör att hönsorna kan uppfatta även elektromagnetisk strålning (ljus) med en våglängd kortare än 400 nm. Fåglar har också en större spektral känslighet än människor och en hög kritisk flimmerfrekvensen, 100 Hz, vilket innebär att de kan reagera annorlunda på ljusmiljön.

Enligt Svensk djurskyddslag ska alla byggnader för husdjur har fönster eller andra öppningar för dagsljus. Det finns dock inga riktlinjer för hur dessa dagsljusinsläpp skall vara utformade eller placerade. Olämplig belysning eller olämpligt utformade dagsljusinsläpp kan öka risken för beteendeproblem, t.ex. kannibalism och fjäderplockning. Glödljus har tills nyligen varit den vanligaste typen av belysning i svenska hönsbush. På grund av ett förbud mot glödlampor inom EU finns emellertid behov av att ersätta denna glödljusbelysning. Det finns även behov av alternativa belysningstyper i hönsbush med olämpligt utformade dagsljusinsläpp samt riktlinjer för hur dagsljusinsläpp skall utformas i nybyggda värphönsstallar.

Syftet med detta projekt var att utvärdera ett belysningsalternativ till värphönsstallar, med olämpligt utformade dagsljusinsläpp, samt utvärdera ett belysningsalternativ till glödlampan. Baserat på en litteraturstudie samt en fältstudie i svenska värphönsstallar har också riktlinjer för utformning och placering av dagsljusinsläpp tagits fram.

En ny typ av belysningssystem (HATO® Agricultural Lighting) har importerats till Sverige, och detta system uppges, av tillverkarna, vara mer lik naturligt ljus eftersom det har jämnare våglängdsfördelning mellan 400 och 700 nm, och högre andel av ultraviolett A ljus (UVA). För att bli godkänd som ett alternativ till dagsljusinsläpp måste det visas att lampan inte orsakar sjukdom och onödigt lidande hos djuren. En fältstudie genomfördes på två gårdar med värphöns i system för frigående höns och i inredda burar och en uppfödning (frigående), som redan är utrustade med HATO®-belysning. Studien genomfördes under en produktionsomgång i samtliga flockar.

Som ett belysningsalternativ till glödlampan har LED (Light Emitting Diode) utvärderats i ett värphönsstall, också det under en produktionsomgång.

Belysningsmiljö registrerades avseende ljusintensitet och spektralfördelning, i gångarna, vid fodertråg och i redena. På varje gård genomfördes kliniska undersökningar på ett slumpmässigt urval av 100 fåglar; dessutom gjordes kvalitativa beteendestudier. Unghönsen inspekterades vid 1, 10 och 14 veckors ålder, och produktionsflockar inspekterades vid 35, 55 och 70 veckors ålder.

I Stallarna utrustade med HATO belysning var ljusintensiteten 12-70 lux i uppfödningen, från 2,5 till 26 lux i stallet med inredda burar och från 7,6 till 26 lux i systemet för frigående höns. I värphönsstallet med LED ljus var ljusintensiteten 0,7-11 lux. Äggproduktionen var normal jämfört med den förväntade. Det var låg förekomst av beteenden negativa för djurvälståndet såsom att hönsorna var spända eller nervösa. Hönsorna var vi normal hull och förekomsten av kamskador var låg. Fjäderplockning observerades i grupperna, men en tydlig koppling till huset eller ljus system kunde inte göras. Fjäderplockning har även rapporterats från hönsor som har möjlighet att gå ute.

När dagsljusinsläpp används är det viktigt att fördelningen av ljuset är jämn samt att dagsljusinsläppet är kordinerat med det befintliga ljusprogrammet i stallet.



### 3. BAKGRUND

Enligt svensk djurskyddslagstiftning ska alla stallar för lantbrukets djur vara försedda med fönster eller andra ljusinsläpp för dagsljus, så även värphönsstallar oavsett produktionsform (dvs. både i ekologiskt och i konventionell produktion). Det finns dock få riktlinjer för hur dessa dagsljusinsläpp skall vara utformade eller var de skall vara placerade i stallbyggnaden. Regelverket om tillgång till dagsljus omfattar alla värphöns- och slaktkycklingstallar byggda efter 1994 samt äldre stallar som gjort en förprövningspliktig åtgärd efter 1994. Det medför att befintliga stallar utan lämpliga fönster för dagsljus kan få krav att ha sådana för att uppfylla regelverket. Framför allt i stallar med inredda burar kan detta bli svårt att åstadkomma eftersom det är svårt att på lämpligt sätt ge ett jämnt dagsljus till de olika burraderna. Dagsljus via fönster eller andra ljusinsläpp i väggarna kan exponera hönsen i de yttre burraderna för ett mycket starkt ljus medan hönsen i de inre burraderna skulle få ett närmast obefintligt dagsljusinsläpp. Skulle dagsljuset komma via taket skulle istället de översta burraderna exponeras för ett mycket starkt ljus. Man har också observerat att unghöns som fötts upp i stallar utan tillgång till dagsljus, oavsett inhysningssystem, kan löpa ökad risk att utveckla beteendestörningar (såsom hackning) vid flyttning till ett värphönsstall med dagsljusinsläpp då de har svårigheter att anpassa sig till den nya stallmiljön. En olämpligt utformad belysning kan också medföra beteendestörningar såsom hackning och fjäderplockning (Manser, 1996, Gunnarsson *et al.*, 2008;). Utan ordentligt utformade riktlinjer är det därför svårt för dagens svenska äggproducenter att utforma sina stallar så att de uppfyller såväl hönsens som lagens krav. Det är även viktigt att uppfödningstallarna anpassar ungdjuren för tillgång till dagsljus även om de praktiska erfarenheterna av dagsljus i uppfödningstallar i dagsläget är att det kan orsaka problem i form av t.ex. kannibalism.

En viktig fråga att ställa är hur ljus och ljuskvalitet påverkar hönans hälsa, välfärd och produktion. Vilka krav har hon och vilken typ av ljus är det vi tillhandahåller via armaturer och dagsljusinsläpp?

Ljus är elektromagnetisk strålning (eng. Electromagnetic radiation, EMR) med en spridning från kortvågig energirik till långvågig energisvag. Grovt kan strålningen indelas i tre kategorier; kortvågig (som är energirik och som påverkar kroppen väckande), mellanvågig (mindre energirik än kortvågig) samt långvågig (energisvag).

Ljusets egenskaper hänger samman med ljuskällans spektralprofil, dvs. vilka våglängder ljuset innehåller. Dagsljuset har ett kontinuerligt spektrum med representation av våglängder från kortvågig ultraviolett (UV) till långvågigt infrarött (IR). Både UV och IR är osynliga för det mänskliga ögat. De ljuskällor som ännu dominerar i svenska värphönsstallar är glödlampor med en glödlampa innesluten i en glaskolv. Dessa glödljus är i hög grad temperaturstrålare med ett kontinuerligt spektrum. De är sedan 2009 på väg att fasas ut och kommer att ersättas av nya ljuskällor.

Dagsljusets belysningsstyrka kan en sommardag uppgå till 150 000 Lux, medan artificiellt ljus i hönsstallar kan vara på några få Lux. Dagsljusets bredare spektrum och variation under dagen gör att dess egenskaper varierar mycket mer än hos exempelvis artificiella ljuskällor (Prescott *et al.*, 2003).

På grund av kraven på ökad resurseffektivitet fasas glödlampor stegvis ut sedan hösten 2009 enligt ett EU-beslut. Detta medför att alternativa belysningskällor, som vi i dagsläget vet mycket lite om, måste införas i värphönsstallarna. Det finns forskningsstudier som visat att exempelvis lysrör föredras av hönsen före glödljus (Widowski, *et al.*, 1992). Det har även visat sig att hönsens fysiska aktiviteter är större i ljus från lysrör jämfört med glödljus (Boshouwers och Nicaise 1993) vilket kan bero på att lysrörsljus innehåller mer kortvågigt

ljus (UV) som är synligt för fåglarna men osynligt för människor. Praktisk erfarenhet är att risken för kannibalism är större i stallar med lysrör.

En annan typ av belysningskälla som introducerats i Sverige är HATO<sup>®</sup> Agricultural Lighting som enligt tillverkaren skall likna naturligt dagsljus med en jämnare fördelning av våglängder mellan 400 och 700 nanometer (nm) jämfört med andra ljuskällor på marknaden. Ljuskällan uppges emittera mer våglängder inom UVA. Ett ytterligare alternativ är LED-ljus (Light Emitting Diod) som marknadsförs som ett alternativ till glödljuset i värphönsstallarna. LED-ljuskällorna är fortfarande under utveckling men tekniken har stora möjligheter att vara en energieffektiv ljuskälla som är nanometerspecifik. Lysrör och LED är mer energieffektiva än glödljus vilket är skälet till att EU förbjudit glödlamporna.

## 4. LITTERATUR INOM OMRÅDET

### 4.1 Ögats anatomi

Jämfört med människor så har höns betydligt större ögon, där den sammanlagda vikten till och med överskrider vikten av hjärnan hos fågeln. Ögonens placering på var sin sida av huvudet, ger hönsen ett bra vidvinkelseende, vilket gör att de snabbt kan uppfatta faror som kommer från sidorna. Däremot gör placeringen av ögonen att hönsen är sämre på att bedöma avstånd, jämfört med människan. Hönsen använder ett öga i taget för att undersöka saker i sin närhet. Hönan har ett övre och ett undre ögonlock, men till skillnad från oss så använder hon inte ögonlocken för att blinka utan gör detta med en genomskinlig blinkhinna som rör sig horisontellt över ögat (Güntürkün, 2000).

### 4.2 Ögats roll - ett visuellt och ett fysiologiskt system

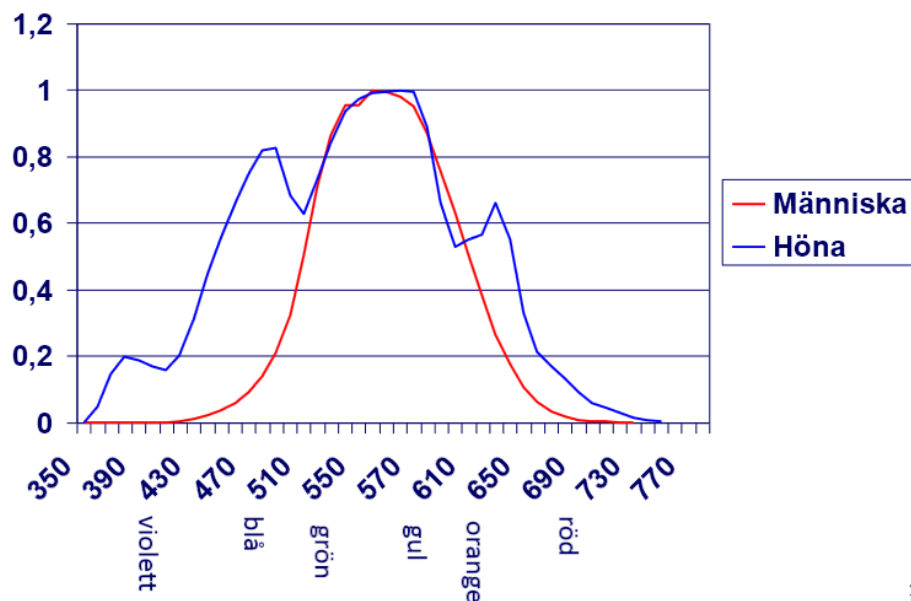
Näthinnans uppbyggnad hos fåglar är lik den hos däggdjur. I näthinnan finns speciella fotoreceptorer (stavar och tappar) som omvandlar ljus till elektriska signaler som sedan leds till hjärnan via den optiska nerven. Detta utgör det visuella systemet. Fotopigmenten i stavarna kallas rodopsin och i tapparna iodopsin (Güntürkün, 2000).

Utöver det visuella systemet samverkar även energin i ljuset med hönsens fysiologiska system. Sålunda omvandlas ljusenergin till nervsignaler i tallkottkörteln (epifysen). Tallkottkörteln är en liten körtel på ca 1,8 x 2,8 mm som är utrustad med fotoreceptorer (pinopsin enl Okano *et al*, 1994) och som är placerad på hjärnans dorsala yta, dvs. den yta som pekar uppåt i skalltaget. Vid ljusnivåer över 4 Lux kan ljuset tränga igenom kranium och mjukvävnad för att stimulera tallkottkörteln (Lewis & Morris, 2006). Det medför att fåglar inte är lika beroende av sina ögon som exempelvis människor för att bibehålla sin dygnsrytm.

Så länge ljusnivån är tillräcklig resulterar nervsignaler från näthinna och tallkottkörtel i produktion av hormonet dopamin. När ljusnivån sjunker går produktionen av dopamin ned och istället ökar produktionen av hormonet melatonin som är av betydelse för hönsens inre klocka. Toppen av melatoninproduktionen mitt på natten signalerar till hönsens kropp att ett nytt dygn börjar (Gwinner och Hau, 2000). Grundläggande för vilka våglängder som stödjer en djurart visuellt är den kemiska strukturen hos det opsin som släpper igenom våglängder. Dessa benämns aktionsspektrum och är idag inte fullt ut kartlagt. Hos fjäderfä är aktionsspektrum hos ljuset för en minskad melatoninproduktion 470 nm, vilket är det ljus som människan uppfattar som blått (Okano *et al.*, 1994).

### 4.3 Hönsens syn

Seendet hos hönan stöds av våglängder från UVA till långvågig infraröd strålning och omfattar 315- 770 nm (Hart *et al.*, 1999; Prescott och Wathes 1999). Ett sätt att mäta ljus i hönsstallar är att använd radiospektrometer som mäter samtliga våglängder i rummet och hur mycket som finns av de specifika våglängderna. Alternativt används luxmätare men eftersom vanliga luxmätare filtrerar bort de våglängder som inte stödjer människans seende räknas resultatet matematiskt om till hönsens seende och benämns Gallilux. Hösten 2012 marknadsfördes en Galliluxmätare, på jordbruksmässan EuroTier i Hannover, och denna beräknas nå marknaden under 2013. Belysning har utvecklats i först hand utifrån en visuell utgångspunkt vilket präglat ljuskällornas utveckling, mätmetoder och metoder för planering. Med en ökande kunskap om hur ljus stödjer höns fysiologiskt via aktionsspektrum kommer en korrigering att ske vad gäller ljuskällor, mätmetoder och metoder för planering.



1

Fig. 1. Relativ spektral känslighet för tamfåglar normaliserade till en känslighet av 1,0 vid 560 nm och för människa normaliserade till en känslighet av 1,0 vid 555 nm. Baserad på Lewis & Morris, 2006.

De våglängder hönan har omkring sej påverkar hönans vakenhet och beteende. I sjunkande ljusnivåer minskar och i ökande ljusnivåer ökar hönans aktivitet. I flervåningssystem har man exempelvis sett att låg belysningsstyrka i stallet minskar hönans rörelse mellan sittpinnarna. Spektralprofil, tidpunkt och tidsekvens för EMR påverkar även hönans äggbildning.

#### 4.4 Kritisk flimmerfrekvens

Den kritiska flimmerfrekvensen (eng. Critical Flicker Frequency) är den frekvens där diskontinuerligt ljus uppfattas som kontinuerligt. Eftersom växelström används och strömmen byter riktning med en frekvens på 50 Hz, innebär det att våra lampor blinkar med samma frekvens. Hos människa ligger frekvensen för att uppleva detta diskontinuerliga ljus som kontinuerligt vid ca 40 - 60 Hz vilket innebär att vi inte uppfattar dessa blinkningar. Fåglar däremot har en kritisk flimmerfrekvens mellan 40-105 Hz och kan därför starkt störas av lysrör och vissa typer av lågenergilampor som blinkar med strömmens frekvens. Den kritiska flimmerfrekvensen kan troligen påverkas även av belysningsstyrkan och spektralfördelningen, dvs. hur starkt ljuset är samt vilka våglängder det innehåller. Man har exempelvis påvisat att den kritiska flimmerfrekvensen för höns är högre i ljus från ljuskällor med bredare spektrum än i ljus från ljuskällor med färre våglängder (Rubene *et al.*, 2010). I hönsstallar där den temperaturstrålande glödlampan dominerar som belysningskälla uppstår inte dessa problem eftersom lampans glödtråd inte hinner sluta glöda vid strömmens riktningsändring och därför ger glödlampor ett flimmerfritt ljus.

#### 4.5 Hönans kroppsklockor

I hjärnan finns två typer av biologiska "klockor", som ställs efter dagslängden. Dels finns det en klocka som håller reda på årstiden, dvs. hur förändringar i dagslängden över året sker och som påverkar fortplantningen hos f.f.a. fåglar. Dels finns det en klocka som håller ordning på dygnet och denna klocka styr ägglossningen och äggbildningen hos hönan.

#### 4.5.1 Årsklockan

Våra värphöns härstammar från den röda djungelhönan och i naturen gäller det att fortplanta sig under optimala förhållanden när det finns gott om mat, vilket det gör under vår och sommar (Collias och Collias, 1967). Inom den kommersiella äggproduktionen simulerar man ägglossningen med hjälp av ljusprogram. När man gradvis ökar antalet ljustimmar i samband med insättningen kommer detta att tala om för hönans hjärna att det är vår, vilket i sin tur stimulerar frisättning av hormonet Gonadotropinreleasing hormone (GnRH) från hypotalamus i hjärnan. Detta kommer i sin tur att stimulera frisättning av hormonerna Luteiniserande hormon (LH) och Follikelstimulerande hormon (FSH) från hypofysen. Dessa hormoner stimulerar äggstockens folliklar att börja utvecklas och producera hormonet östrogen som i sin tur stimulerar utveckling av äggledare, produktion av gulematerial i levern och inlagring av kalcium i skelettet som kan användas för framtida skalbildning. Om hönsen hållits utomhus hade även UV-ljuset stimulerat produktion av Vitamin D som i sin tur ökar kalciumupptaget i tarmen genom att omvandlas till det kalciumbindande proteinet kalbindin. Dagens kommersiella höns, som oftast hålls inomhus, får D-vitamin samt kalk i sitt foder.

Så länge dagarna är konstant långa kommer äggbildningen att fortsätta tills den vilda fågeln har uppnått ett lämpligt antal ägg att ruva i ett rede. Inom äggproduktionen innebär det att man får en kontinuerlig äggproduktion så länge "dagslängden" hålls konstant. I naturen kommer fågelns hjärna att så småningom sluta reagera på de långa dagarna och äggledaren tillbakabildas. Detta är naturens sätt att förhindra att ungar kläcks för sent på sommaren, och därmed inte hinner växa till sig innan hösten kommer. Samma fenomen har påvisats till viss grad på slaktkycklingmammor men bland värphöns är det ovanligt, troligen som följd av den intensiva selektionen för hög kontinuerlig äggproduktion.

#### 4.5.2 Photorefractoriness – när produktionen går ned

Photorefractoriness innebär fysiologisk minskning av ljuskänslighet hos hönan. Efter en period med långa dagar kommer omvandlingen av fotonenergi i ljuset till nervsignaler att försvagas, vilket leder till en minskad produktion av hormonet GnRH. Därmed kommer hela ägglägningsprocessen att påverkas genom att äggstock och äggledare tillbakabildas (Johnsson, 2000). Hos kommersiella värphönshybrider samt hos slaktkycklinghönor kommer detta att manifestera sig som en gradvis minskning i äggproduktionen. Hos värphöns sker detta i nuläget efter ca 12-15 produktionsmånader medan det hos slaktkycklinghönor sker betydligt tidigare. Avelsarbete bedrivs på de internationella avelsföretagen för att öka produktionsperioden och därmed skjuta på den gradvisa minskningen av äggproduktionen. När väl hönsen gått in i photorefractoriness så kan de inte stimuleras igen förrän efter en period med korta dagar på 10-12 veckor, dvs. en ruggningsperiod.

Fåglar kläcks i ett tillstånd av photorefractoriness, dvs. de är fysiologiskt okänsliga för ljus, och kycklingarna kommer inte att reagera optimalt på ljus innan de genomgått en period av kortare dagar. Periodens längd varierar mellan fågelarter men ligger på ca 8-12 veckor hos unghöns. Perioden med kortare dagar simuleras av ljusprogram under uppfödningen med en låg belysningsstyrka på ca 7 Lux.

#### 4.5.3 Dygnsklockan

När det börjar skymma och bli mörkt kommer hjärnan att signalera detta till kroppen genom att bilda melatonin. Bildningen av melatonin pågår under hela den mörka dygnsperioden med en topp mitt på natten, för att sedan klinga av när det blir gryning och ljust. Detta kommer av en ökad produktion av hormonet dopamin i hönans näthinna och tallkottkörtel som hämmar produktionen av melatonin. Tiden det bildas melatonin ger alla djur, liksom hönan, en

uppfattning om dagslängden. Studier indikerar också att melatonin stimulerar hönsens REM-sömn, det vill säga det man ibland kallar drömsömn. Dygnsklockan finns i ett bestämt område av hypotalamus som benämns suprakiasmatiske kärnan. Detta område erhåller informationen om ljusnivå från näthinna och talkottkörtel och tolkar den till en hormonell signal (Gwinner and Hau, 2000).

#### 4.5.4 Skymning - startsignalen för äggbildning

Även om det är den ökande dagslängden som startar upp hela äggproduktionen, så är det skymningen och den mörka perioden av dygnet som startar varje äggbildningscykel.

Starten för bildningen av melatonin i samband med skymningen är startsignalen för äggbildningscykeln varje dygn. Melatonin kommer att stimulera signalerna för avlossningen av en äggula från äggstocken och signalen för ägglossning sker därför alltid under den mörka dygnsperioden. Cirka 4-6 timmar efter ägglossningssignalen kommer äggulan att släppa från äggstocken och påbörja färden genom äggledaren, och ungefär ett dygn senare värps ägget.

Tidpunkten för när ägget värps kan därmed regleras genom att styra tidpunkten för skymning. Problemet med fellagda ägg i våningssystem förknippas (förutom med bristfällig uppfödning utan sittpinnar (Gunnarsson et al., 1999), även med att tidpunkten för värpning infaller tidigare än när ljuset tänds i stallet. Hönan hinner inte eller hittar helt enkelt inte till redet när hon ska värpa. Ett vanligt sätt att lösa detta är att tända ljuset lite tidigare så hönan kan ta sig till redet i tid. Ett annat sätt att lösa detta problem är fördröja skymningen på kvällen. Då kommer signalen för ägglossning att infalla lite senare på natten och därmed även värpningen av ägget ett dygn senare.

Enligt svensk djurskyddslagstiftning skall värphöns ha 8 timmars sammanhängande mörker vilket gör att ljusprogrammen oftast utgörs av maximalt 16 timmar ljus och 8 timmars mörker. Generellt är rekommendationen att belysningsstyrkan skall vara ca 10-15 Lux under hela produktionsperioden.

#### **4.6 Ljusnivå och produktion**

Ett antal studier av olika forskargrupper utanför Sverige har genomförts för att försöka kartlägga effekt av ljusnivå på hönans produktion. Tröskelvärde för ljusstimulering av äggstock och äggfollikelutveckling uppges vara 1-5 Lux (Renema *et al.*, 2001a) men ju högre ljusnivå desto mer gynnsam utveckling. Vid jämförelse av fyra olika ljusnivåer (1, 5, 50 och 500 Lux) hade värphöns som vistats i 1 Lux färre gulor i sin äggstock jämfört med höns som vistats i 50 eller 500 Lux vilket tyder på att 1 Lux inte är en tillräckligt stark ljusnivå för stimulering av äggstock och utveckling av äggfolliklar (Renema *et al.*, 2001b). Hönsen som vistats i 1 Lux hade kortare äggläggningsssekvenser vilket innebär en lägre produktivitet i gruppen som helhet på grund av ett större antal "icke värpande dagar". Orsaken till de kortare äggläggningsssekvenserna ansågs bero på det lägre antalet utvecklade folliklar (äggulor) i äggstocken. Hönsen som vistats i 1 Lux hade även en långsammare uppvärpning jämfört med värphönsen i grupperna med högre ljusnivå.

Även om en låg ljusnivå verkar resultera i en lägre äggproduktion, observerades i samma studie att vid 500 Lux erhålls en mindre äggstorlek och en försämrad skalkkvalitet jämfört med de höns som vistats i 5-50 Lux (Renema *et al.*, 2001b). Ett liknande fenomen har även beskrivits av andra forskargrupper där man sett en minskad genomsnittlig äggvikt med ökande ljusnivå (upp till 75 Lux) (Lewis och Morris, 1999). Inte bara äggproduktionen har visat sig påverkas av ljusnivån. Man har även observerat skillnader i kroppsvikt där höns som

vistats i lägre ljusnivåer, 1 Lux respektive 5 Lux vägde 7,2 och 8, 7 % mer än de höns som vistats i 50 eller 500 Lux vid 45 veckors ålder.

Känsligheten för ljusnivå verkar variera mellan hybrider där de bruna hybriderna är mer känsliga än de vita hybriderna (Renema *et al.*, 2001 b). Det verkar även behövas ganska starka ljusnivåer för att effekt skall påvisas. En ljusnivå på 50 Lux eller 500 Lux är hög jämfört med de ljusnivåer som oftast förekommer i svenska värphönsstallar där den generella rekommendationen enligt avelsföretagens hybridmanualer är 10-15 Lux. Tidigare studier har inte kunnat påvisa någon skillnad i produktion hos höns som vistas i ljusnivåer mellan 0,75-12,5 Lux (Tucker och Charles, 1993) vilket indikerar att värphönshybriderna är ganska okänsliga för skillnader i ljusnivå.

#### 4.7 Ljuset och hönans beteende

Höns är sociala fåglar som föredrar att leva i mindre flockar med kända individer framför att leva i ensamhet, samtidigt som de föredrar ensamhet framför flockar med okända individer (Dawkins, 1981). Höns är dagaktiva och deras hälsa och välfärd är i hög grad beroende av ljusets våglängder, belysningsstyrka och dygnsvariation (Gunnarsson *et al.*, 2008a; Ferrante, 2009). För att särskilja individer ur den egna flocken såväl som för att kunna identifiera okända individer använder de sig av visuella kännetecken (Bradshaw, 1992; D'Eath och Stone, 1999). D'Eath och Stone (1999) har i en mindre studie visat att höns har lättare att känna igen individer från den egna respektive en okänd flock vid vitt ljus jämfört med rött ljus. Man har även sett att frekvensen av lätt fjäderhackning är nästan 20 gånger större vid låg ljusnivå (3 Lux) än vid 30 Lux. Detta hör troligen samman med att fåglarna ökat sitt undersökande hackande när ljuset inte möjliggör optimal syn (Kjaer och Vestergaard, 1998). Hönsarna riktade då det undersökande hackandet inte bara mot omgivningen, utan även mot andra individer i närheten med risk för fjäderhackning som resultat. Kjaer och Vestergaard (1998) fann i samma studie även att frekvensen av allvarlig fjäderhackning och kannibalism ökade vid 30 Lux.

Inom äggproduktionen är det allmänt känt att solljusfläckar och stora skillnader i belysningsstyrka, som kan orsakas av koncentrerat dagsljusinsläpp från fönster, kan medföra negativa konsekvenser för djurvelfärden. De allvarligaste konsekvenserna av ljusfläckar är fjäderplockning, kannibalism och hopklumpning av djuren med kvävning som följd. Dessa problem uppstår f.f.a. då det starka ljuset attraherar hönsarna i en annars mörk miljö (Gustafsson *et al.*, 2005). Ljus leder fåglarnas beteende och riskerna med direkt solljus gör att fönster bör placeras med omsorg för att ge ett jämnt ljus inne i hönsstallarna.

#### 4.8 UV-ljusets betydelse

Till skillnad från människan uppfattar höns en del av det ultravioletta ljuset (< 400 nm). Man vet att fjäderdräkten, f.f.a. hos vita hybrider, reflekterar UV-ljus vilket troligen bidrar till identifieringen av olika individer i flocken. Här kan man fundera över vilken inverkan det får på flockdynamiken i våra hönsstallar med artificiell belysning, eller där UV-ljuset filtreras bort då dagsljuset passerar glasrutor, jämfört med höns som har tillgång till UV-ljus via utevistelse. Man har också sett att stressnivån sjunker hos höns som hålls i stallar där man kompletterar belysningen med UV-ljus. UVB-ljus ger D-vitaminproduktion vilket har stor betydelse för kalciumupptaget i tarmen och därmed skalbildningen samt mineralisering av fågelns skelett, som nämnts tidigare.

Tillgång till ljus som även innehåller UV-ljus tenderar att minska fjäderhackning och kannibalism hos kalkoner (Lewis *et al.*, 2000), vilket bör vara ekvivalent hos höns i och med att den grundläggande fysiologin och ljusperceptionen är likvärdig hos höns och kalkoner

(Lewis och Morris, 2006). Likt Lewis och Morris iakttagelser av ökade sociala interaktioner och minskad aggressivitet hos kalkoner, kunde Maddocks och medarbetare (2001) se tendenser till ett ökat explorativt beteende men utan ökade aggressioner hos höns då de fick vistas i lokaler utrustade med UVA-ljus ( $< 400\text{nm}$ ) jämfört med fåglar som inte fick tillgång till belysning med kort våglängd. De kunde därutöver visa att avsaknaden av UVA-ljus leder till förhöjda kortikosteronnivåer vilket tyder på stress och därmed troligen en försämrad välfärd (Maddocks *et al.*, 2001).

#### **4.9 Höns och belysningskällor**

Lewis och Morris (2006) fann i flera studier att värphöns föredrar ljuset från lysrör framför glödlampor och hos kalkoner verkar lysrörsljuset dessutom leda till ökade positiva sociala interaktioner och minskad aggressivitet. Dessa slutsatser skulle kunna vara kopplade till vilka våglängdskombinationer de undersökta lysrören haft och vilka belysningsstyrkor som använts i studierna. Lysrör är nämligen ingen enhetlig ljuskälla varför man i en specifik studie alltid bör vara observant på lysrörets våglängdskombinationer i kombination med ljusnivå och tidsekvens.

Dygnsrytmen är lika viktig för alla djurarter. Kycklingar som utsätts för samma belysningsstyrka hela dygnet, är mer stressade jämfört med de fåglar som hade en 10 timmar mörk period varje dygn enligt en studie av Campo och medarbetare (2007). Även Prescott och medarbetare (2003) konstaterar att fåglarnas välfärd ökar då de får stöd för en väl fungerande dygnsrytm när de vistas i miljöer med bra belysning i form av ljus med ett brett spektrum och med naturliknande dagslängd och rytm. Det vill säga att ljusperioderna inte avbryts av kortare mörkerperioder, även om det finns studier som menar att hönorna uppfattar även den korta mörka perioden som ”dag” beroende på att dygnsrytmen ligger i vad man kallar ett tidsminne som visar vilket ljus hönan vistades i under perioden närmast före studien (Lewis och Morris, 2006). Såväl människor som fåglar har en inbyggd dygnsrytm kopplad till ett 24-timmars dygn, dvs. naturens ljus- och mörkercykel.

Hönornas dygn bör vara så nära den naturliga dygnsrytmen som möjligt. Ljus på natten är olämpligt och leder till en konflikt i ljusinformation till fåglarna. Som exempel kommer sjunkande ljusnivåer och ökande mörker att hämma fåglarnas aktivitet medan stigande ljusnivåer väcker hönsen och ökar deras vakenhet. Ljusföroreningar på natten bör därför undvikas helt. För dagaktiva djur är natten den del av dygnet då kroppen återhämtar sig genom vila och det sker en fysiologisk reparation av olika kroppsfunktioner. Nattperioden behöver alltså vara helt mörk för att fungera väl.

Fåglarnas dygnsrytm bör således skyddas från yttre störningar. Om dagsljus strömmar in i stallen efter att det artificiella ljuset har tänts kan hönsen uppfatta detta som en störning av dygnsrytmen. Dagsljus bör därför infogas som en del i det artificiella ljusprogrammet och synkroniseras mot det artificiella ljuset i nivåer och rytm för att fungera tillfredställande. Om dagsljus inte kan integreras i fåglarnas ordinarie ljusprogram utan att problem uppstår bör av djurskyddsskäl endast artificiellt ljus användas som ersättning för dagsljuset (Hollwich 1979; Hollwich och Dieckhues 1980). Den teknik som idag finns för att integrera dagsljus i det ordinarie ljusprogrammet bör utvecklas och utvärderas.

#### **4.10 Utformning av belysningskälla**

Man bör vara uppmärksam på att samma typ av ljuskälla ofta är olika sinsemellan när det gäller spektralprofil och därför kan vara olika lämpliga att använda i hönsbushus.



Flera förhållningssätt är möjliga vid valet av ljuskälla. Ett sådant är att ljuskällan har en spektralprofil som är kontinuerlig som hos temperaturstrålaren, t.ex. solen. Plasmalampan är ett exempel på detta. En sådan lösning ger en hormonell utsöndring av melatonin som ligger nära den man ser hos höns som vistas i dagsljus utomhus (Hollwich, 1979; Hollwich och Dieckhues, 1980). Ett annat förhållningssätt är att man inte vill ha exakt samma melatoninutsöndring som hos fåglar som vistas utomhus utan delvis anpassar denna till hönsens permanenta vistelse inomhus. Som tidigare beskrivet triggar nämligen den elektromagnetisk strålningen (EMR) i ljuset dygnsrytmen som i sin tur påverkar så gott som alla beteenden och vävnader i kroppen (Brainard och Hanifin, 2005). Genom att välja våglängder och belysningsstyrka i EMR kan mängden av melatonin och dopamin påverkas (Hollwich, 1979; Hollwich och Dieckhues 1980).

Ett första steg i uppbyggnaden av en spektralprofil i en ljuskälla som ger fåglar det beteende man önskar är att undvika mycket ljus inom den kortvågiga delen av spektrum. Kortvågig strålning är energirik och aktiverande och en ljuskälla med toppar i det kortvågiga området kan trigga till utsöndring av stresshormon på ett negativt sätt som dagsljus inte gör. Dagsljus har en bred fördelning av våglängder med mjuka skiftningar under dagen som ger balanserade hormonella nivåer. Artificiellt ljus har ofta toppar inom endast specifika delar av våglängdsområdet och ändras ofta mer drastiskt i belysningsstyrka när ljuset ökas under morgontimmarna och sedan dämpas efter värpningen. Detta kan leda till en mer obalanserad hormonutsöndring (Hollwich, 1979; Hollwich och Dieckhues 1980).

De ljuskällor som ersätter dagsljus bör innehålla UV som stimulerar produktion av D-vitamin. Ljuskällan bör ha en dagsljusliknande jämn fördelning av våglängder i det korta, mellanvågiga och långvågiga området. För att skapa en väl fungerande dygnsrytm hos hönsen är det en fördel att ha olika ljuskällor för att bättre kunna efterlikna dagsljuset. På morgonen är ljuskällor med en stor andel långvågig strålning att föredra, likaså på kvällen. Mitt på dagen fungerar ljuskällor med en något större andel kortvågig strålning (Pechaeck *et al.*, 2008).

Som tidigare nämnts är fåglarnas förmåga att bilda D-vitamin viktigt vid mineralisering av skelettet och vid skalbildning. D-vitamin bildas när de vistas i solen och exponeras för UV-ljus. UV-ljus passerar dock inte fönsterglas vilket innebär att dagsljusinsläpp via fönster inte stimulerar produktionen av vitamin D. I praktiken tillsätts D-vitamin i fodret varför några problem avseende mineralisering och skalbildning normalt inte uppträder. Om avsaknad av UV-ljus har några negativa konsekvenser på hälsa och beteende är ofullständigt utrett och kan vara ett framtida ljusrelaterat forskningsområde.

LED är en ljuskälla under utveckling. Ljuskällan har i dagsläget en spektralprofil som avviker från dagljusets och glödljusets kontinuerliga strålning. Aktionsspektrum för höns är inte fullt ut kartlagt varför man får pröva sig fram vad gäller val av ljuskälla och specifika våglängder. Gimranäs AB rapporterar att de praktiska erfarenheterna av LED-belysning i såväl värphönsstallar som uppfödningstallar är goda. Det är möjligt att ha högre belysningsstyrka än i stallar med glödljus och lysrör utan att det uppstår problem med fjäderplockning eller kannibalism. Högt belysningsstyrka minskar också andelen fellagda ägg.

#### **4.11 Placering av belysningskälla och dagsljusinsläpp**

Dagsljus är som nämnts tidigare av stor betydelse för fåglars hälsa (Hollwich, 1980). I naturen fördelas dagsljuset jämnt och över stora ytor.

Artificiellt ljus placerat i taket ger ett ljus som är väl spritt i rummet och skapar ett rum för fåglarna där ytorna upplevs som likvärdiga. Vid takplacering ger både det artificiella ljuset och dagsljusinsläpp en jämnare spridning än när dagsljus tas in via fönster i väggarna.

Ljuskällornas placering i stallet är avgörande för hur starkt EMS triggas hönan. Hos människan ger lågt placerade ljuskällor en mildare triggning än högt placerade ljuskällor beroende på att fler ljusavläsande celler finns i nedre delen av ögat. Det är troligt att samma sak gäller för höns vilket bör undersökas. När ljuskällor placeras på fler platser i rummet blir ljusmiljön mer varierad. Genom att placera ljus vid mat- och vattenplats skapas en plats där fåglarna gärna vistas. För att undvika fellagda ägg är det också viktigt att placera ljuset så att mörka platser och skuggor inte uppstår.

Ojämn fördelning av dagsljus med fläckar i stallet med extrema skillnader i belysningsstyrkor riskerar att bli mycket stressande för fåglarna. Skillnaden i belysningsstyrka mellan dagsljus och artificiellt ljus inne i hönsstallet kan vara stor. Dagsljus en sommardag kan ha en belysningsstyrka på 150 000 Lux jämfört med de 2-20 Lux som det artificiella ljuset i hönsstallet ofta har. Människan svarar generellt på låga nivåer av triggers med att utveckla ökad sensitivitet. Det kan vara samma sak med höns och skulle kunna vara en delförklaring till negativa reaktioner på dagsljus hos höns.

Fönsteröppningarnas storlek och placering samt väderstrecken avgör hur dagsljuset uppträder i hönsstallet. De hönsstallar som inte kan ta in dagsljus på ett sätt som är förenligt med ett jämnt ljus över stora ytor bör av djurskyddsskäl avstå från dagsljus om problem uppstår.

## 5. GRUNDLÄGGANDE OM LJUS OCH LJUSKÄLLOR

Samtliga ljuskällor emitterar elektromagnetisk strålning och fotonflöden. Dessa fotonflöden kan beskrivas i kvalitet och kvantitet. Kvalitet mäts med spektralmätare och beskrivs i nanometer (nm). Kvantitet (hur mycket ljus en ljuskälla emitterar) beskrivs i lumen. Belysningsstyrka (hur mycket ljus som riktas mot en yta) mäts i Lux. Hur mycket ljus som återreflekteras från en yta uttrycks i luminans.

Belysningstekniken har utvecklat begrepp som beskriver ljusets egenskaper. Hit hör färgtemperatur som bestäms genom en jämförelse med färgen hos ett upphettat järn och beskrivs i Kelvingrader. Ljuskällans förmåga att beskriva färger är grundat på ljuskällans återgivande av 15 färger och benämns RA-värde. När ljuskällan visar 15 färger korrekt har den ett RA-värde på 100. Ljuskällornas utveckling är påverkad av att de utvecklats för att i första hand stödja seendet. Morgondagens ljuskällor kommer att ha andra våglängdskombinationer för att även fysiologiskt stödja aktionsspektrum, dvs. även ta hänsyn till hur de påverkar andra fysiologiska processer i kroppen än enbart synsinnet.

### 5.1 Spektralfördelning

Varje naturlig och artificiell ljuskälla har en spektralprofil dvs. emitterar en specifik sammansättning av våglängder. Spektralfördelning för ljus beskriver ljusstrålningens (ljusenergins) fördelning över olika våglängder från infrarött till ultraviolett och mäts med spektrometer i enheten nanometer. Vanligtvis redovisas detta grafiskt med en spektralfördelningskurva. Olika spektralfördelning ger olika förhållande vad gäller transmission, absorption och reflektion mot ytor i rummet. Det infallande dagsljusets spektrala profil förändras under dagen (strålning från sol och himmel). Solen är en temperaturstrålare med kontinuerligt spektrum (fig 2). De artificiella ljuskällorna har i första hand utvecklats för att stödja människan seende och inte dess fysiologi.

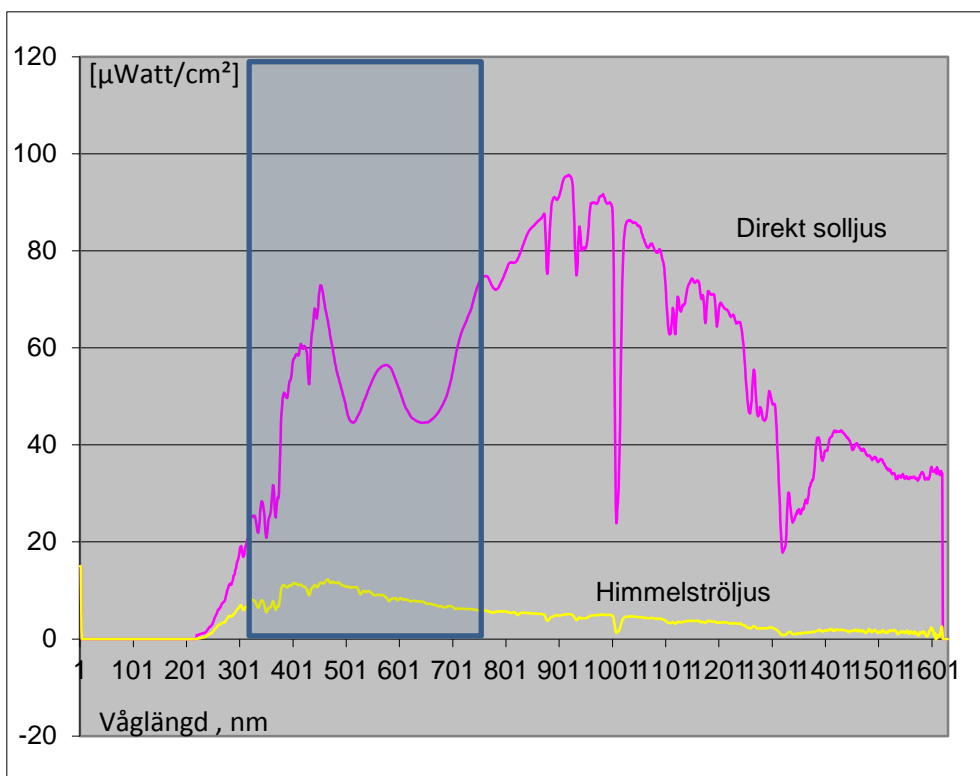


Fig 2. Typisk spektralfördelning för solljus och himmelströljus (medeltal av fyra mätningar under tiden kl 11-13). Himmelströljus mäts mot blå himmel mot norr utan påverkan av direkt solstrålning. Olika ämnen i atmosfären är orsak till dipparna. En mulen dag skulle direkta solstrålningen påminna mer om himmelströljuset. Markerade området är lika med hörsens synområde.

## 5.2 Färgtemperatur

Färgtemperatur mäts i Kelvin (K) och beskriver hur ljus upplevs beror bland annat på färgtemperaturen. Ett lågt Kelvin-värde ( $< 3300$  K) ger ett varmare ljus som anses passa för hemmabruk, t.ex. i vardagsrummet. Ju högre lampans Kelvin-värde är desto kallare ljus ger lampan ifrån sig. Kallt ljus anses passa bäst på arbetsplatser.

Fabrikanter av lysrör (urladdningsljuskällor) brukar indela lysrören i olika grupper beroende på ljusfärg, t.ex. "varmvit" 2700-3300 K, "vit" 3300-5000 K och "dagsljus"  $> 5000$  K. Begreppet dagsljus i detta sammanhang är endast en färgbeteckning för kallare ljus och har mycket litet gemensamt med det verkliga dagsljuset med sitt kontinuerliga spektrum.

## 5.3 Färgåtergivningstal

Färgåtergivningstal eller RA-index (colour rendering index) anger ljuskällors förmåga att återge färger på ett naturligt sätt. Dagsljus och halogenlampor har  $RA = 100$ . För allmänbelysning bör inte lampor med RA under 80 väljas. RA värdet säger inget om vilket fysiologiskt stöd ljuskällan ger.

## 5.4 Ljusflöde

Ljusflöde mäts i lumen (lm) och är måttet på hur mycket ljus en ljuskälla avger i alla riktningar. Hur många lumen en viss ljuskälla ger mäts med speciella mätinstrument i laboratorium. Fram till nu har belysningsstyrkan (egentligen lampans elektriska effekt) för en viss ljuskälla angetts i watt (W) på lampförpackningarna. Watt-talet kommer efterhand att

ersättas av lumen. Det ungefärliga sambandet mellan en glödlampas Watt-tal och lumen är följande (enligt information från Europeiska kommissionen)

Glödlampans Watt-tal,	Motsvarande lumenvärde, lm
100	1300-1400
75	920-970
60	700-750
40	410-430
25	220-230

### 5.5 Belysningsstyrka

Belysningsstyrka (ljusnivå) mäts i Lux och är ett mått på hur mycket ljus som faller på en yta.  $1 \text{ Lux} = 1 \text{ lm/m}^2$ .

### 5.6 Ljusstyrka

Ljusstyrka mäts i candela (cd) och är ett mått på hur mycket ljus en ljuskälla avger i en angiven vinkel.

### 5.7 Luminans

Luminans mäts i  $\text{cd/m}^2$  och anger en ytas ljusstyrka per ytenhet i en bestämd riktning

### 5.8 Märkning av lampförpackningar

Från 1 september 2010 ska alla lampförpackningar märkas tydligare för att göra lampköpen enklare. Figuren nedan är exempel på hur det kan se ut



Fig. 3. Den information som anges på förpackningen är bl.a. följande: Ljusflödet är 470 lm, färgtemperaturen är 2700K (varmvit), lampan är dimbar, upptändningstiden är mindre än 1 sekund (instant). (Från Energimyndighetens faktablad)

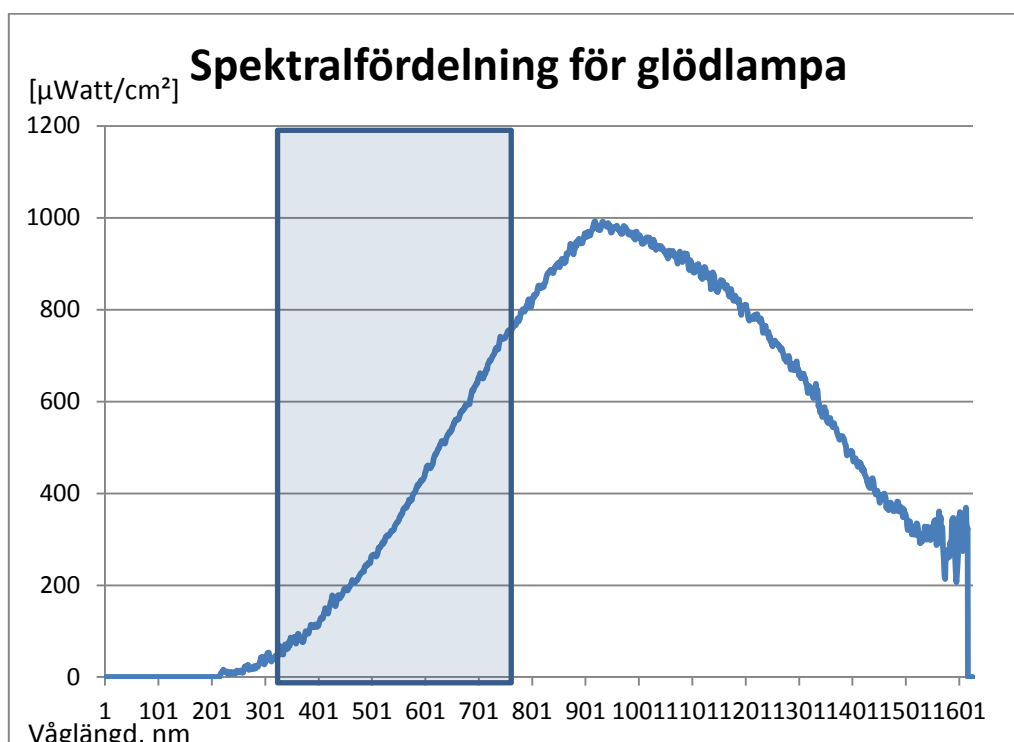
## 6. UTFASNING AV GLÖDLAMPOR OCH ALTERNATIV

Enligt EU:s ekodesigndirektiv ((EG) nr 244/2009) ska glödlampor fasas ut enligt följande.

Sept 2009	Förbud matta glödlampor och klara 100 W
Sept 2010	Förbud klara 75 W
Sept 2011	Förbud klara 60 W
Sept 2012	Förbud klara 40 och 25 W
Sept 2013	Skärpta krav på lågenergi och LED
Sept 2016	Skärpta krav på halogen

I Sverige beräknas utfasningen av glödlampor spara motsvarande 2 TWh elström eller 10 % av hushållens elenergiförbrukning.

För närvarande finns det flera alternativ till glödlampor på marknaden och hela tiden sker det en utveckling. Alternativen förbrukar genomgående mindre energi än glödlampor och har mycket längre livslängd.

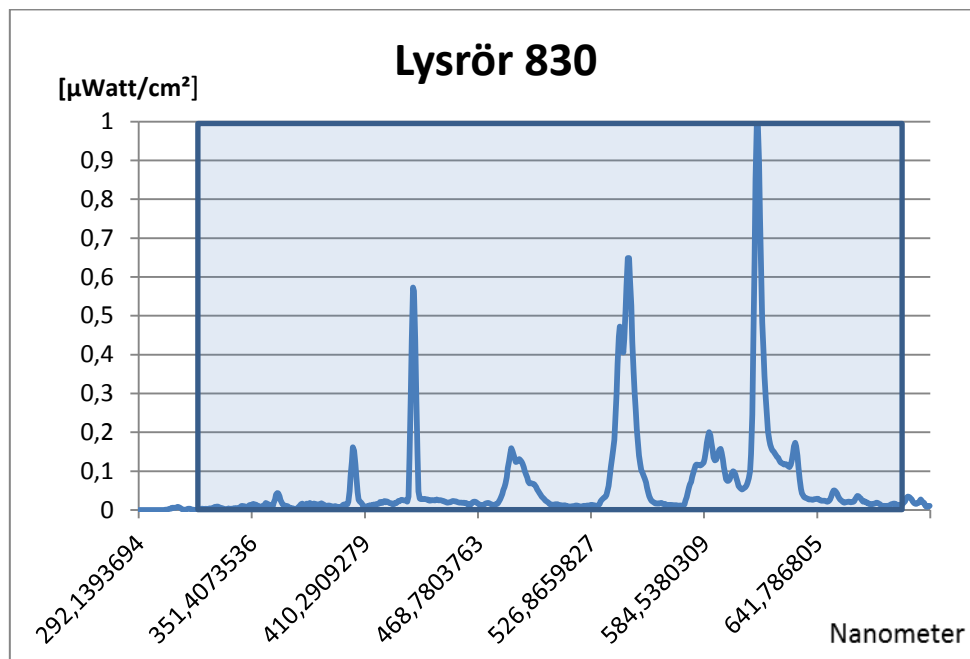


Figur 4. Typisk spektralfördelning för glödlampor. Stor andel av våglängder inom området 865 -1057 nm dvs infraröd strålning (värme). Markerade området är lika med höns synområde.

### Lysrör

Lysröret är en effektiv ljusspridare med ett icke kontinuerlig ljusspektrum. Lysrör av olika sorter har varierande spektralprofil och finns både som enkla varianter och mer sofistikerade utvecklade specifikt för både växter och djur. T8 och T5 är två vanliga där beteckningarna hänvisar till lysrörens diameter och där T5 är det smalare. Lysrörens ljusspektrum är beroende av vilka kemikalier som lysrören innehåller. Tidigare lysrör gav upphov till flimmar men

problemet med flimmer är borta sen man införde högfrekvensdon. Lysrör kan fås i applikationer som är dimbara.



Figur 5. Exempel på spektralprofil för lysrör. Sifferbeteckningen 830 hänvisar till egenskaperna RA-index och färgtemperatur. 8=RA-index 80 och 30=färgtemperatur 3000K. Markerade området är lika med höns synområde.

### Lågenergilampor

Lågenergilampor (lysrörlampor, kompaktlysrör) har funnits på marknaden en längre tid. De förbrukar 75-80 % (energiklass A) mindre el än en glödlampa. Lågenergilampor finns med och utan yttre hölje. De med yttre hölje liknar vanliga glödlampor och kallas ibland "classic". Lågenergilampor är som regel dimbara ner till en viss nivå. I varje enskilt fall får man ta reda på om lampan kan dimmas ned till 0 %.

### Halogenlampor

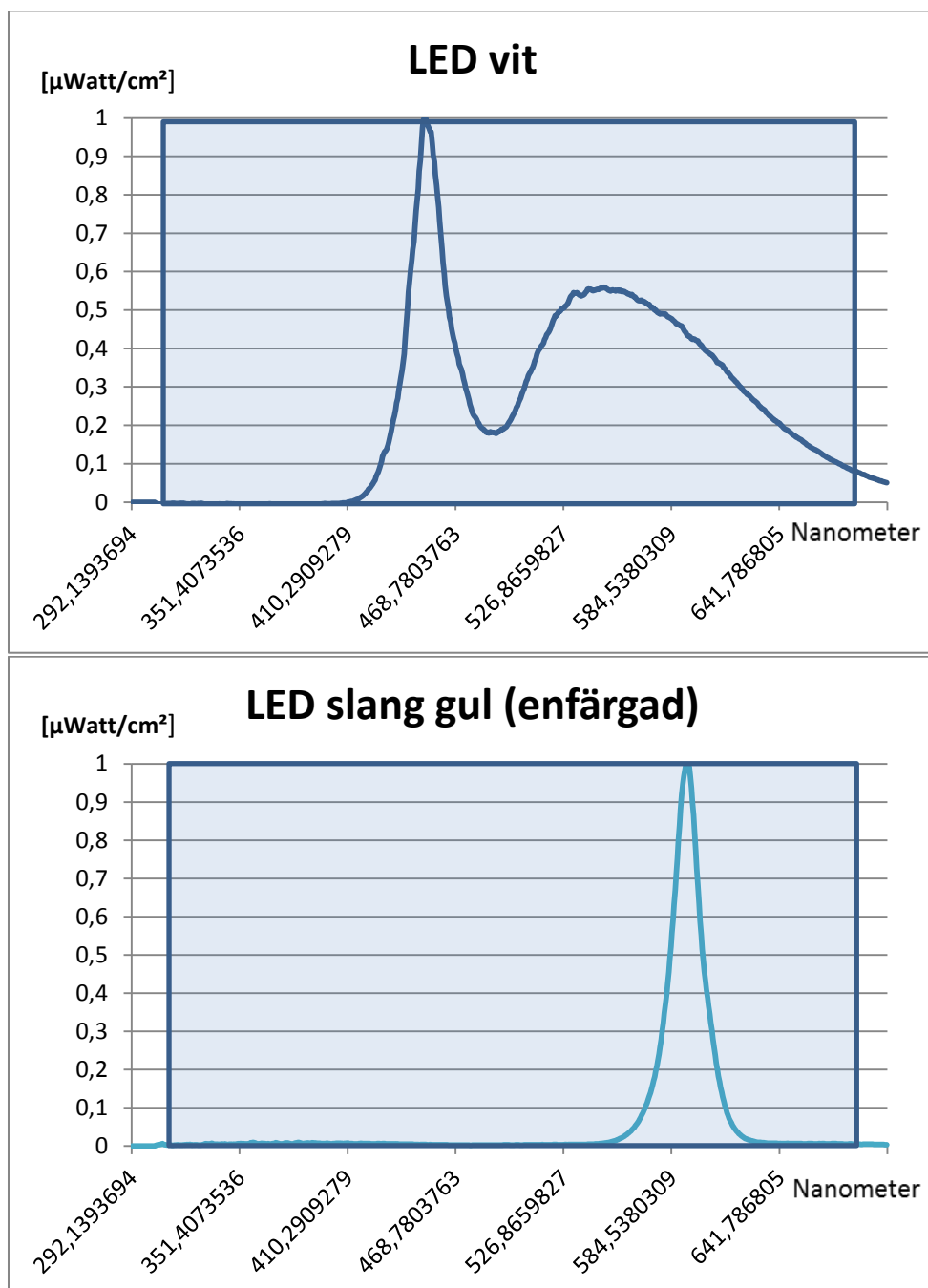
Halogenlampor, nu med xenon, förbrukar 20-25 % mindre energi än glödlampor (energiklass C). Utmärkande för halogenlampor är att de har ett ljus som är jämförbart med glödlampor och att de tål stora temperaturskillnader utan att livslängd och ljusutbyte påverkas. Halogen går att dimma och ger inte upphov till flimmer.

### LED -lampor

LED-lampor användes från början mest som indikatorlampor i elektronisk utrustning men har utvecklats mycket under senare år. LED-lampor förbrukar 80 % mindre energi än glödlampor och är dimbara. LED-lampor används nu även i belysningslangar. LED-lampors livslängd och ljusutbyte är inte konstant. Ju varmare omgivningstemperatur desto kortare livslängd och ju äldre lampan är desto lägre ljusflöde. Det senare innebär att dimningen måste justeras upp för att belysningsstyrka ska bibehållas.

Många bedömare tror att LED-lampor inom en ganska snar framtid kommer att ersätta andra ljuskällor. Med LED-teknik kommer det också att vara möjligt att bygga ljuskällor som är mycket tunna och böjliga som papper.

LED-tekniken kan ge upphov till en pulsation i det ljus som sprids från ljuskällan. Påverkan på höns är inte känd.



Figur 6. Exempel på spektralfördelning för LED-lampor. Markerade området är lika med höns synområde.



## 7. KRAV I HÖNSSTALLAR

För hönsskötsel är det viktigt att ha kontroll på både kvalitet (spektralprofil), kvantitet (belysningsstyrka), ljusfördelning, tidpunkt på dygnet samt varaktighet för ljusperioder. Samtliga faktorer bidrar till hur väl ljus för höns fungerar.

Med utgångspunkt från bakgrunds- och litteraturavsnitten drar vi följande slutsatser om vilka krav vi med nuvarande kunskapsläge bör ställa på belysning i hönsstallar:

- Ljusprogrammet ska utformas så att det stödjer en bra dygnsrytm. Ljusprogrammet och hönsens dygnsklocka måste passa ihop för att inte äggbildningen ska påverkas negativt. När det är tid för värpning måste ljuset vara tänt för att hönan ska hitta redet.
- Kompletterande dagsljus måste infogas så att inga ljuskonflikter påverkar dygnsrytmen negativt. Dubbla gryningar är exempel på negativ påverkan eller ljusläckage via ventilationsöppningar under den mörka perioden i stallen.
- För att hönsen ska sprida sig jämnt i systemet måste ljusets spridning i stallen vara jämn. Vid foder- och vattenplatserna rekommenderas något högre ljusnivå. Mörka platser och skuggor ska undvikas.
- Hög placering av både artificiellt ljus och dagsljusinsläpp ger en jämnare spridning av ljuset än när dagsljus tas in via fönster i väggarna. Dagsljus som tas in från ”vanliga” fönster i långväggarna ger en ojämn ljusspridningen i form av koncentrerade små starkt belysta ytor vilket är en stor stressfaktor för hönsen. Att ta in dagsljus från ”vanliga” fönster bör därför undvikas framför allt i flervåningssystem och bursystem.
- För låg belysningsstyrka kan medföra lägre äggproduktion och ökad frekvens av lätt fjäderhackning. För hög belysningsstyrka kan medföra minskad äggvikt, lägre kroppsvikt och ökad risk för allvarlig fjäderhackning. Rekommenderad belysningsstyrka är 10-15 Lux om hönorna genom uppfödningen inte är vana vid något annat.
- Två teorier om lämpligt spektrum kan särskiljas.:

Utgångspunkten för alternativ 1 är att solen är den bästa ljuskällan för höns och att man därför ska välja en ljuskälla som har representation av så många av solens våglängder som möjligt.

Alternativ 2 har hönsens aktionsspektrum som utgångspunkt och innebär att man ska välja våglängder och belysningsstyrkor som triggar önskvärda beteenden och önskad påverkan på viktiga kroppsfunktioner hos hönsen. Eftersom hönsens aktionsspektrum ännu inte är utforskat får man tills vidare förlita sig på fälterfarenheter av nya ljuskällor. Mer forskning behövs. Det är önskvärt att ljuskällorna även ger UV-ljus.

- Ljuskällorna ska kunna dimmas ner till helt släckt. På natten ska det vara helt mörkt i stallen och eventuellt ljusläckage ska tätas.
- Hönsen får inte uppfatta ljuset från ljuskällorna som flimmer.

Förutom rent belysningstekniska aspekter kan det finnas skäl att beakta en del andra faktorer när det gäller val av belysning och övergången från glödlampor till andra ljuskällor.

En sådan faktor gäller lampornas skyddsklass. Enligt Lantbrukets Brandskyddskommitté klassas fjäderfästallar som brandfarliga och frätande utrymmen. Detta ställer krav på att elinstallationer och elutrustning är rätt utförda och har rätt kapslingsklass. Elinstallatör och försäkringsbolag ska ha kunskap om detta. Man bör också beakta hönsstallarnas värmebalans och behov av tillskottsvärme. Det är ett faktum att glödlampornas värmeavgivning har inverkat positivt på hönsstallarnas värmebalans. Med ledning av genomförda mätningar av energiåtgång i hönsstallar (Hörndahl, 2007) kan beräknas att värmetillskottet under dagen då glödlamporna är tända uppgår till 0,3 till 0,5 W per hönsplats. I ett stall med 20000 höns innebär detta ett värmetillskott på 6 till 10 kW. Med de nya energisnåla lamporna kommer detta värmetillskott att sjunka till någon kW och den ökning av ventilationsflödet som vintertid skedde när glödlamporna tändes kommer inte att ske. Den fuktiga och dåliga nattluften kommer alltså inte att vädras ut på samma sätt som tidigare. Behovet av tilläggsvärme kommer med andra ord att bli än mer påtagligt när glödlamporna ersätts med mer energisnåla ljuskällor.

## 8. KARTLÄGGNING AV LJUS I BEFINTLIGA STALLAR

### 8.1 Metodik för ljusmätningar

Så gott som samtliga mätningar har utförts i hönsstallar med insatta höns och i frånvaro av dagsljus. Utöver mätningarna inventeras armaturer och ljuskällor och dess placering. Även material och färg på väggar och tak registreras. Att ta bort avskärmningarna och göra förnyade mätningar med dagsljus har tyvärr inte varit möjligt av djurskyddsskäl.

*Spektralfördelningen* har mätts med utrustning av fabrikat Avantes AvaSpec. Sensorn har placerats 70 cm över golv, dels för att inte störa hönsen och dels för att minimera påverkan av damm. Generella, såväl horisontella som vertikala, mätningar har gjorts dels rakt under en armatur och dels mellan armaturer. Eftersom armaturerna som regel är jämnt utplacerade i hönsstallar har mätningarna kunnat begränsas till en plats i stallet, som regel andra och tredje armaturen ifrån ingången. Mätningar på andra platser ger samma resultat.

Utöver de generella mätningarna har mätningar gjorts på speciella platser i inredningen som har bedömts vara av intresse. Detta framgår av figurerna nedan.

Mätning av *belysningsstyrka* har gjorts med en luxmätare av fabrikat Hagner. Max- och minnivåer har mätts på ett flertal platser av intresse, exempelvis i gångar, i burar och inne i våningar. Det gäller att hitta de punkter som har högst och lägst belysningsstyrka. Beroende på inredning, ljuspunkternas placering och typ av armatur har antalet mätpunkter varierat mellan 10 och 40 per mätobjekt (tex. tak, rede etc.). Jämnheten i belysningen räknas fram genom att medelbelysningsstyrkan divideras med maxvärdet. Man får då en faktor mellan 0 och 1 som anger hur jämnt ljuset fördelar sig.



Figur 7. Mätning av ljus i hönsstallar.

## 8.2 Dokumentation av stalldata

För dokumentation av stalldata har frågeformuläret i bilaga 1 använts.

## 8.3 Resultat av mätningarna

### Stall 1

**Inredning:** Bolegg Perfecta

**Produktionsform:** KRAV

#### Inventering

**Ljuskälla:** 60 W glödlampa

**Armatyr:** Plastglob i taket

**Väggmaterial:** Betong

**Takmaterial:** Korrugerad plåt



#### Jämnhet ljus:

**Vägg** 0,83

**Gång** 0,85

**Foder** 0,85

**Rede** 0,61

#### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 1,8 Lux

**Mittgång (max):** 3 Lux

**Fodertråg (max):** 3,5 Lux

**Gång vid rede (max):** 4,1 Lux

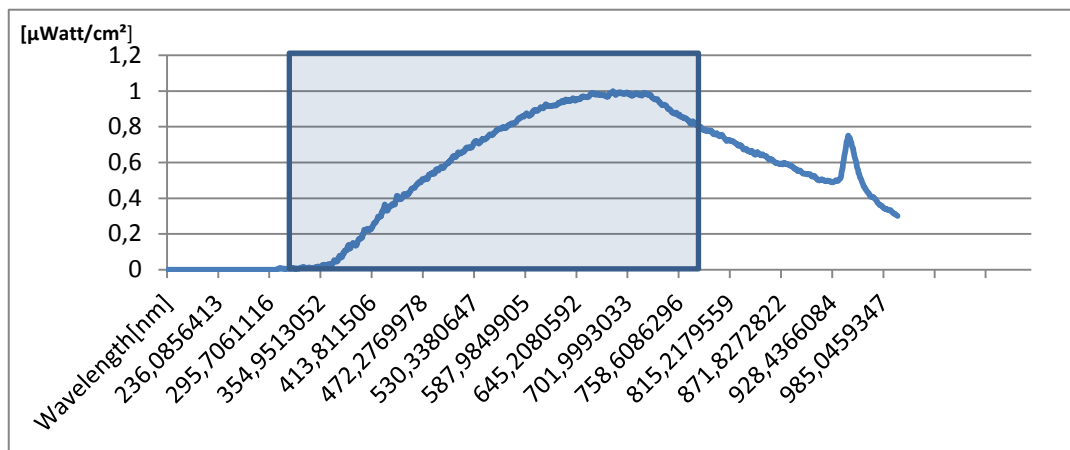
**Vägg (min):** 1,5 Lux

**Mittgång (min):** 2,5 Lux

**Fodertråg (min):** 3 Lux

**Gång vid rede (min):** 2,5 Lux

#### Spektralfördelning



### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värpprocent (%)	Foderförbr/höna & dag (g)	Vaccination
43	3000	2886	3,80	93	114	IB

## Stall 2

**Inredning:** Flervåning

**Produktionsform:** KRAV

### Inventering

**Ljuskälla:** 60 W glödljus

**Armatyr:** Matta glasglober i taket

**Väggmaterial:** Betong

**Takmaterial:** Grå korrugerad plåt

### Jämnhet ljus:

**Vägg** 0,83

**Gång** 0,83

**Foder** 0,42

**Rede** 0,89

### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 1,8 Lux

**Mittgång (max):** 2,4 Lux

**Fodertråg (max):** 3,6 Lux

**Gång vid rede ( max):** 1,9 Lux

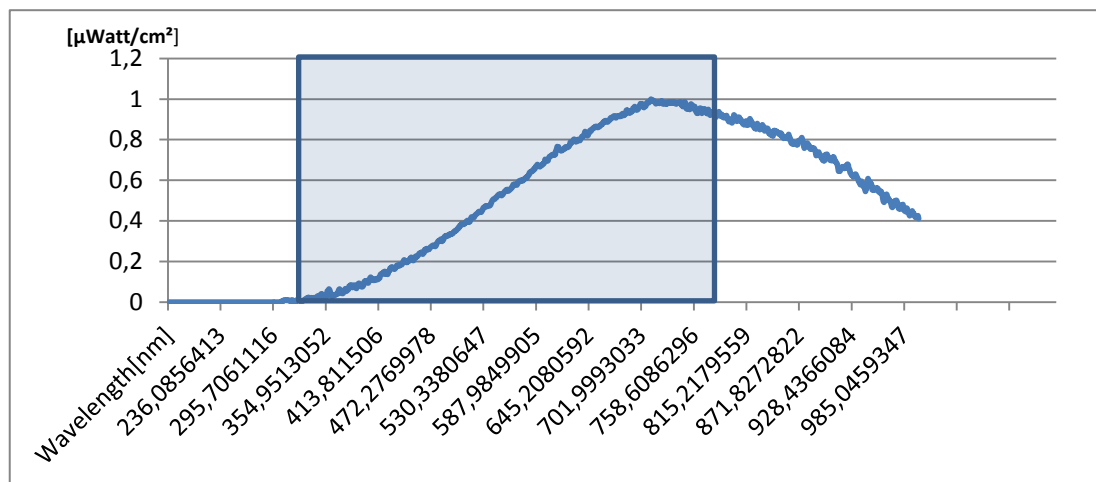
**Vägg (min):** 1,5 Lux

**Mittgång (min):** 2,0 Lux

**Fodertråg (min):** 1,5 Lux

**Gång vid rede (min):** 1,7 Lux

### Spektralfördelning



### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värpprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
48	6030	5570	7,6	91	-----	Nej

## Stall 3

**Inredning:** Victorsson T8

**Produktionsform:** Inredd bur

### Inventering

**Ljuskälla:** 40 W glödljus

**Armatur:** Matta glasglober nedpendlade 40 cm från tak

**Väggmaterial:** Betong

**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt

### Jämnhet ljus:

**Mittgång** 0,74

**Burrad 1** 0,71

**Burrad 2** 0,71

**Burrad 3** 0,32



### Belysningsstyrka

**Mittgång (max):** 1,9 Lux

**Burrad 1 (max):** 1,4 Lux

**Burrad 2 (max):** 1,4 Lux

**Burrad 3(max):** 7,8 Lux

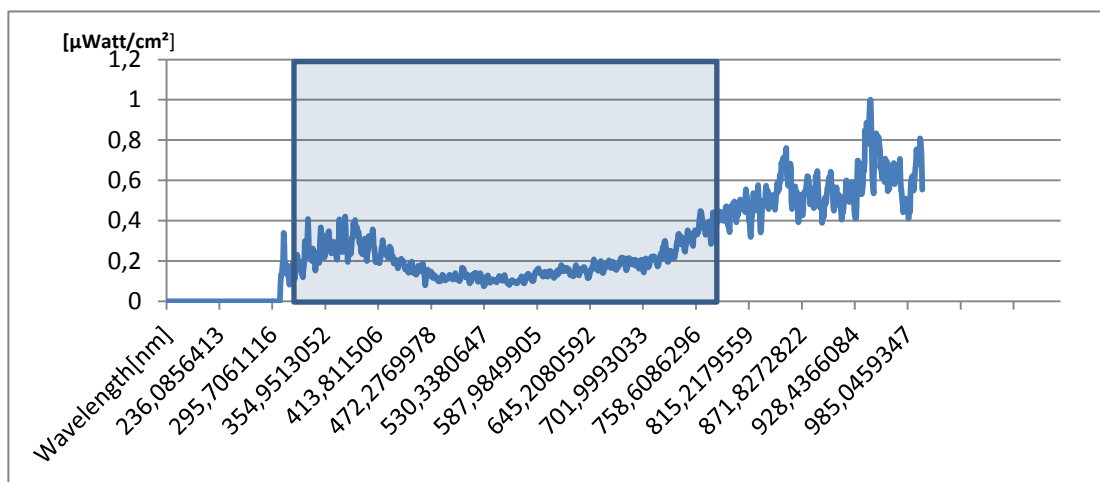
**Mittgång (min):** 1,4 Lux

**Burrad 1 (min):** 1,0 Lux

**Burrad 2 (min):** 1,0 Lux

**Burrad 3 (min):** 2,5 Lux

### Spektralfördelning



### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värpprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
41	28 000	27793	0,74	93	114	IB

## Stall 4a

**Inredning:** Envåning Jansen

**Produktionsform:** Frigående inomhus

### Inventering

**Ljuskälla:** 40 W glödljus

**Armatur:** Glasglober vägg & tak

**Väggmaterial:** Vit masonit

**Takmaterial:** Vit /gul masonit

### Jämnhet ljus

**Vägg** 0,6

**Gång** 1,0

**Foder** 0,59

**Rede** 0,63



### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 1,5 Lux

**Mittgång (max):** 0,7 Lux

**Fodertråg (max):** 1,7 Lux

**Gång vid rede ( max):** 1,6 Lux

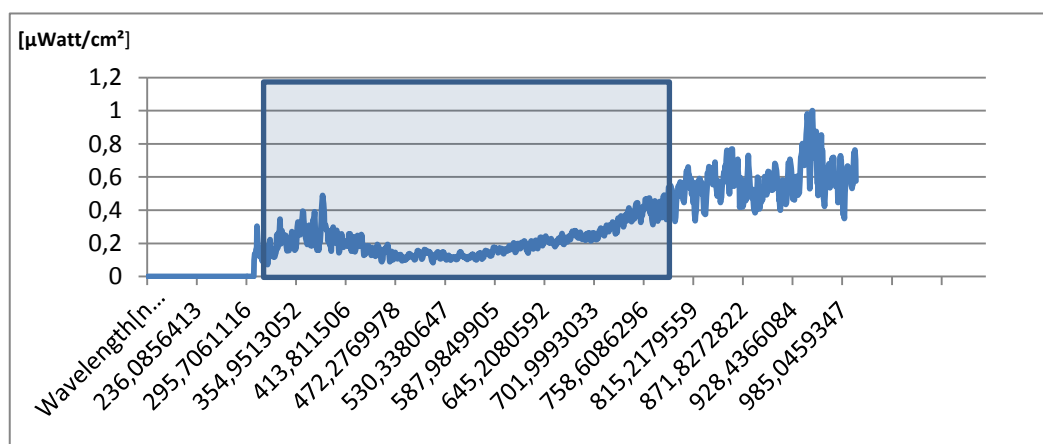
**Vägg (min):** 0,9 Lux

**Mittgång (min):** 0,7 Lux

**Fodertråg (min):** 1,0 Lux

**Gång vid rede (min):** 1,0 Lux

### Spektralfördelning



### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
35	6000	5955	0,76	94	120	IB

## Stall 4b

**Inredning:** Jansen voljär

**Produktionsform:** Frigående inomhus

### Inventering

**Ljuskälla:** 40 W glödljus

**Armatur:** Glasglober vägg & tak

**Väggmaterial:** Vit masonit

**Takmaterial:** Vit /gul masonit

### Jämnhet ljus

**Vägg** 0,68

**Gång** 0,82

**Foder** 0,17

**Rede** 0,81



### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 4,1 Lux

**Mittgång (max):** 2,2 Lux

**Fodertråg (max):** 4,1 Lux

**Gång vid rede ( max):** 1,1 Lux

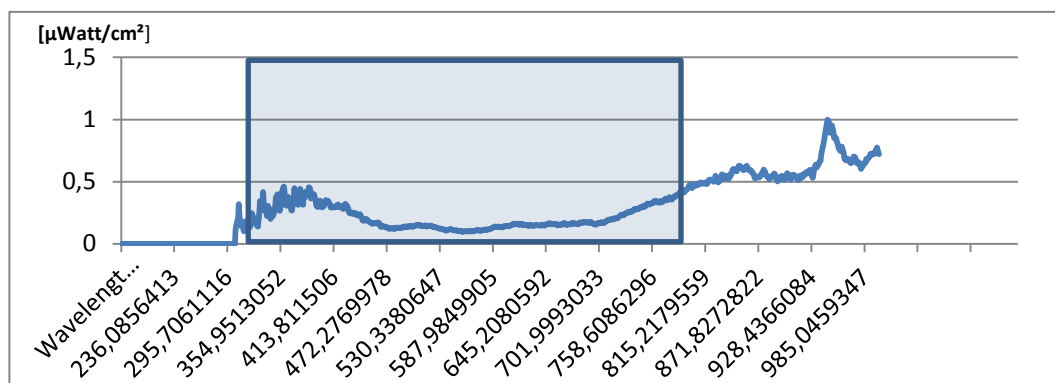
**Vägg (min):** 2,8 Lux

**Mittgång (min):** 1,8 Lux

**Fodertråg (min):** 0,7 Lux

**Gång vid rede (min):** 0,9 Lux

### Spektralfördelning



### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
35	9000	9910	0,90	93	120	IB



## Stall 5

**Inredning:** RED L

**Produktionsform:** Frigående inomhus

### Inventering

**Ljuskälla:** 40 W glödljus

**Armatur:** Matta glasglober vägg & tak

**Väggmaterial:** Betong

**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt

### Jämnhet ljus

**Vägg** 0,85

**Gång** 0,9

**Foder** 0,27

**Rede** 0,77



### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 2,0 Lux

**Mittgång (max):** 2,0 Lux

**Fodertråg (max):** 4,1 Lux

**Gång vid rede ( max):** 0,9 Lux

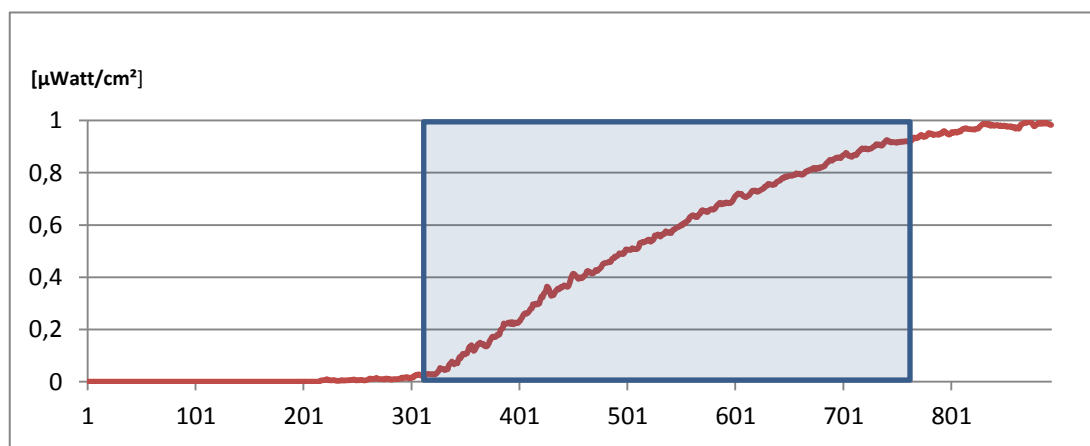
**Vägg (min):** 1,7 Lux

**Mittgång (min):** 1,8 Lux

**Fodertråg (min):** 1,1 Lux

**Gång vid rede (min):** 0,7 Lux

### Spektralfördelning



### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värpprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
41	31 568	31 121	1,70	94	124	IB

## Stall 6a

**Inredning:** Meller, flervåning  
**Produktionsform:** Uppfödning

### Inventering

**Ljuskälla:** 40 W glödljus  
**Ljuskälla:** Dagsljus i tak  
**Armatur:** Matta glasglober tak  
**Väggmaterial:** Betong  
**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt

### Jämnhet ljus

**Gång** 0,66

**Foder** 0,85



### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** ----

**Mittgång (max):** 15 Lux

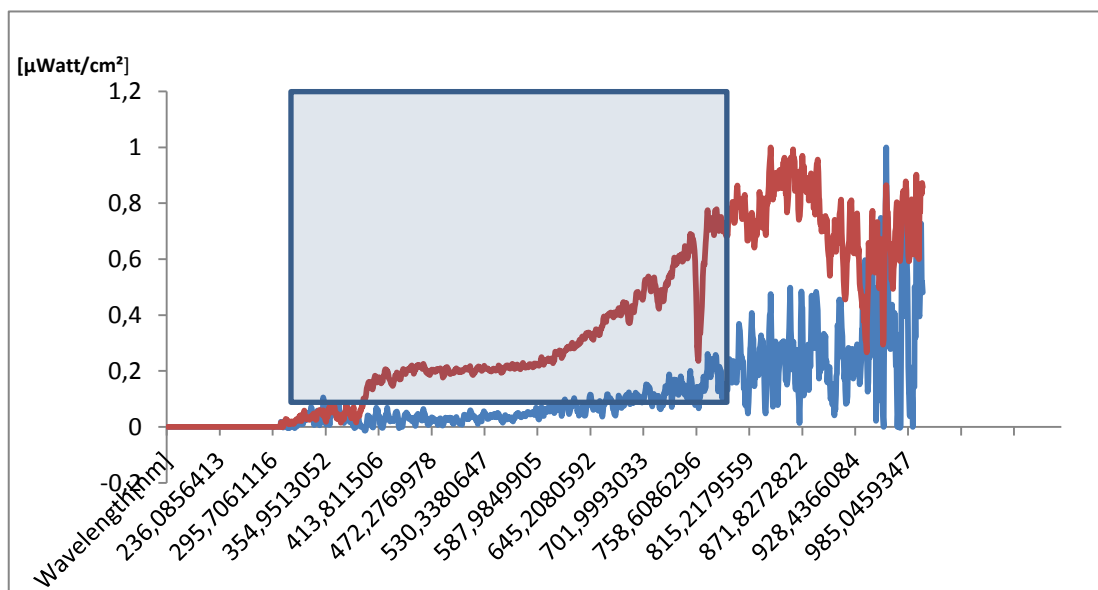
**Fodertråg (max):** 20 Lux

**Vägg (min):** ----

**Mittgång (min):** 10 Lux

**Fodertråg (min):** 17 Lux

### Spektralfördelning



Röd kurva = Dagsljus, Blå kurva = glödljus

### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Kroppsvikt (g)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
11	22 672	21 806	3,82	924	60	Enl. prog.

## Stall 6b

**Inredning:** Meller, Flervåning

**Produktionsform:** Uppfödning

**Obs:** Nybyggt stall, höns ännu ej insatta.

### Inventering

**Ljuskälla:** Lysrör dikt an mot tak

**Ljuskälla:** Ljusband under takfot

**Väggmaterial:** Betong

**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt

### Jämnhet ljus

**Vägg** 0,82

**Gång** 0,76



### Belysningsstyrka

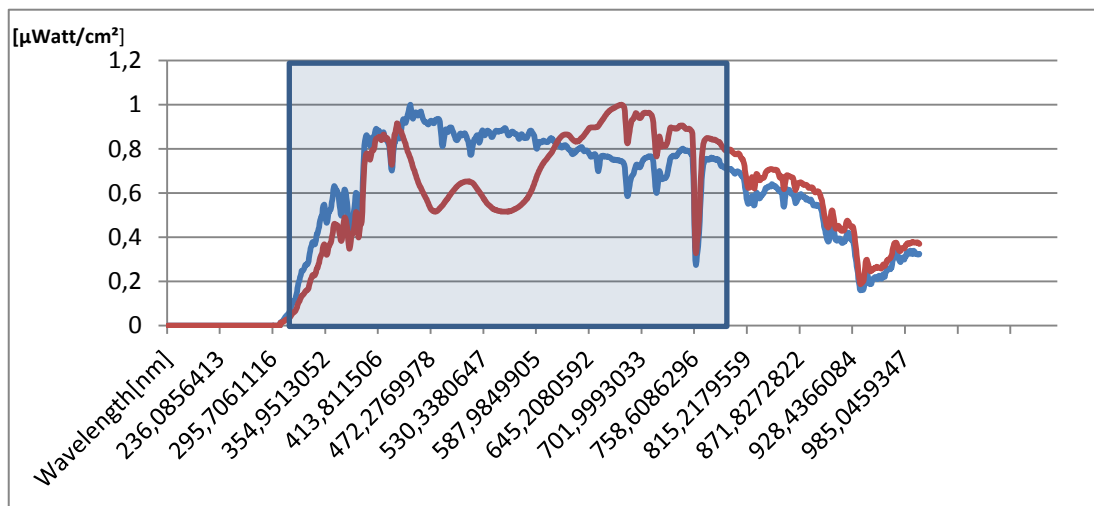
**Vägg (max):** 45 Lux

**Mittgång (max):** 21 Lux

**Vägg (min):** 37 Lux

**Mittgång (min):** 16 Lux

### Spektralfördelning



Blå kurva= mot norr, Röd kurva = mot söder

## Stall 6c

**Inredning:** Jansen Voljär  
**Produktionsform:** Frigående inomhus

### Jämnhet ljus

Vägg 0,7  
Gång 0,8  
Foder 0,94  
Rede 0,71

### Inventering

**Ljuskälla:** Glödljus  
**Ljuskälla:** Dagsljus i vägg  
**Armatur:** Matta glasglober i tak  
**Väggmaterial:** Betong  
**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt

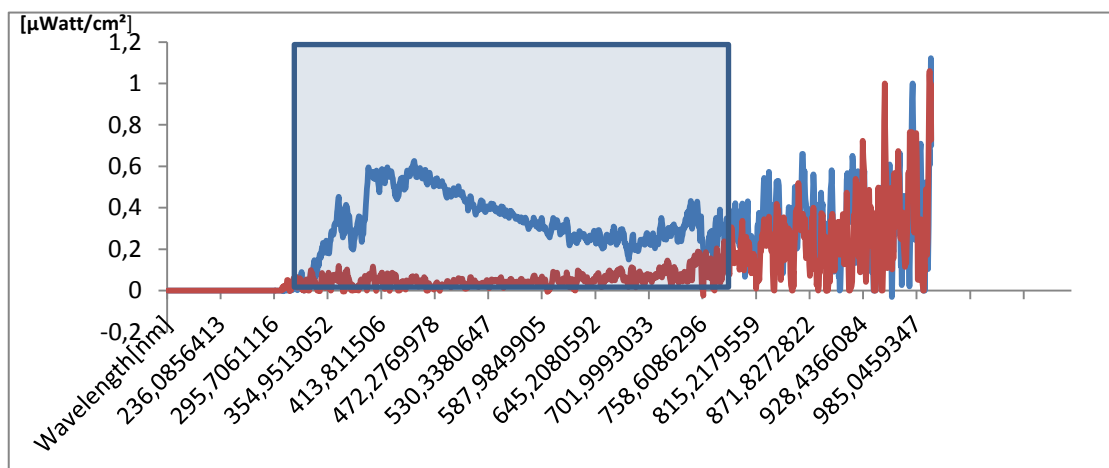


### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 57 Lux  
**Mittgång (max):** 20 Lux  
**Fodertråg (max):** 16 Lux  
**Gång vid rede (max):** 7,0 Lux

**Vägg (min):** 40 Lux  
**Mittgång (min):** 16 Lux  
**Fodertråg (min):** 15 Lux  
**Gång vid rede (min):** 5,0 Lux

### Spektralfördelning



Blå kurva = Mätning nära fönster, Röd kurva = Mätning i mitten av stallet

### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värpprocent (%)	Foderförbr/höna & dag (g)	Vaccination
43	18 595	18 261	1,80	97	123	IB

## 8.4 Sammanfattning och diskussion

Hönstallarna är inte identiska vad gäller dagsljus och val av ljuskälla. Tre av hönstallarna har dagsljusinsläpp och övriga enbart artificiell belysning. Av de stall som har artificiell ljus har alla utom ett stall glödljus. Detta ger olika spektral sammansättning och rytm i ljuset i de olika stallarna.

Trots att hönstallarna som ingått i studien i några fall varit försedda med dagsljusinsläpp och med olika ljuskällor har de i övrigt varit mycket lika när det gäller teknik och funktion. Mätningarna ger data om ljusets spektralfördelning vid mättillfället.

Med avskärmade fönsteröppningar är jämnheten i belysningen i hönstallarna 0,8-0,9 vilket kan anses vara mycket högt. Som mest hittades skillnader där variationen mellan högsta och lägsta Lux-värde var 1 till 10 i horisontell belysningsstyrka på stallets golvyta.

Belysningsstyrkan i stallen är med något undantag låg och varierar vid mättillfället något mellan de olika gårdarna. I stall 4a (frigående utan dagsljus) uppmättes som högst 1,7 Lux. I stall 1, 2, 4b och 5 (frigående utan dagsljus) låg de högsta värdena kring 4 Lux.

I stall 6c, som är ett stall för frigående höns med fönster i väggen, ser man att belysningsstyrkan vid mättillfället är hög vid vägg (57 Lux) och avsevärt mycket lägre i mittgången (20 Lux).

Dagsljuset varierar under dagen och ger en förändrad ljusfördelning. Förhållandet i ljushet på väggar och på golv varierar därför stort. Förändringarna i ljushet under dagen visar på svårigheterna att erhålla en jämn belysning i stallar med traditionella fönster i väggarna. Den interaktion fågel, ljus och miljö som fåglarna lever i när de vistas i naturen är modell för det ljus fåglarna utvecklats i. För fåglar som hålls inomhus behöver interaktionen utformas på ett sätt som fungerar väl med kontrastsituation i det specifika stallet för att inte skapa problem för fåglarna.

Stall 6a och 6b som har dagsljusöppningar i tak respektive under takfot blir belysningen jämnare jämfört med fönster placerade i vägg. Nästan genomgående kan konstateras att belysningsstyrkan i gången vid rederna var lägre än i övriga delarna av stallarna. Alla gårdar uppgav att de har använt sig av de rekommenderade program de fått med sin anläggning men också att de anpassar nivån på ljuset efter hönsens beteende och reaktioner.

Någon slutsats om vilken eller vilka ljusnivåer som inverkar positivt på hönsens beteende, hälsa och produktion går inte att dra med ledning av denna kartläggning. Endast i två av stallen hade de en luxmätare för att testa sin egen nivå med mätning.

Den spektrala sammansättningen i stallarna varierar beroende på skillnader mellan ljuskällor, om ljuskällorna är dimmade, grad av nedsmutsning och beroende på om och i vilken omfattning dagsljus tas in i stallet. Faktorer som ger skillnader i spektral sammansättning kan utöver ljuskällan även vara IR-strålning från värme-, fläkt- och andra system. De är svåra att särskilja i mätningen som gjorts på fältet.

I sex stallar har mätningar gjorts utan påverkan från dagsljus för att få fram det artificiella ljusets påverkan. Om dagsljus tas in i stallet blir påverkan i många fall betydande även vid begränsade intag på grund av de låga belysningsnivåer som ofta använts.

Mot bakgrund av hur godtyckligt fönster i praktiken är utformade vad gäller placering, material, vädersträck, solavskärmningar m.m. går det inte ha någon uppfattning om hur dagsljus skulle kunna bidra till en förbättrad välfärd hos hönsen. I praktiken är det alltför stor variation. Exempelvis i ett burstall var fönstren, godkända enligt nuvarande regler, placerade utefter ena långväggen, högt upp nära taket. Utanför var det ett betydande taksprång som

avskärmar delar av ljus som tas in. Burraderna placerade längs med fönsterraden avskärmar effektivt allt dagsljus till andra burrederna vars hönor omöjligt kan få någon tillgång till dagsljuset. Men även i stall med andra inredningar är inte reglerna kring fönstren utformning och placering sådana att ljuset effektivt sprids till alla delar av stallet. Ska dagsljusstillgång vara en kvalité som ska ingå i stallen bör det mycket mer konkret påvisas varför och hur detta ska ske. Idag betraktas dagsljus i många av de stallar som ingick i studien som ett problem man behöver skärma bort. Men med bättre förståelse för hur stall bör öppnas för dagljus och hur det bör utformas för att fungera väl i inommiljöns kontrastsituation samt hur det bör synkroniseras med det ljusprogram som är i drift kan problem med dagljus reduceras och ljuset kan då istället vara en tillgång. Härvid skulle det kunna vara intressant att titta på diffuserande material (t.ex. kanalplast) som gör att det inte blir direkt instrålning i stallen, takplacerade fönster och andra lösningar för dagsljuset. Exempel på dessa lösningar finns i praktiken men inom projektet har det inte funnits utrymme att göra mer ingående studier av dessa lösningar.

## **9. NY TEKNIKPROVNING AV STALLAR MED HATO-BELYSNING**

Gimranäs AB har den 27 juni 2007 i skrivelse till Djurskyddsmyndigheten/Jordbruksverket ansökt om dispens från kravet på fönster i ett värphönsstall. Skälet och bakgrunden till ansökan var att en ny typ av armaturer med dagsljusspektrum skulle kunna bedömas motsvarar den ljuskvalitet som avses i djurskyddsförordningens (1988:539) krav på att djurstallar ska vara försedda med fönster för dagsljus. De nya ljuskällorna har beteckningen HATO och i beskrivningen anges att de har ett spektrum som till 96 % motsvarar dagsljus.

I beslut från Jordbruksverket 2008-06-05 beviljas dispens till utgången av 2010. I beslutet förutsätts det att de nya armaturerna fram till detta datum kommer att provas som ny teknik enligt 7-8 §§ djurskyddsförordningen. Det bedöms även att tekniken måste genomgå försöksmässig provning (dvs. kategori III) enligt Djurskyddsmyndighetens föreskrifter (DFS 2007:1) om godkännande av ny teknik.

I och med dispensbeslutet har Jordbruksverket visat sig vara positivt inställd till att HATO-belysningen provas som ny teknik och bakgrunden torde vara att dagsljus i fjäderfästallar är ett ständigt återkommande diskussionsämne där åsikterna varierar mellan olika intressenter och där det är av stort värde att det vetenskapliga underlaget förbättras.

Svenska Ägg har sedermera övertagit ansvaret för ny teknikprovning av HATO-belysning.

Försöksplanen för ny teknikprovningen har godkänts av Jordbruksverket och genomgått etisk prövning.

### **9.1 Beskrivning av försöken**

Studier av HATO-belysningen har gjorts i tre stallar; ett stall med unghöns (stall A), ett värphönsstall med burar (stall B) och ett värphönsstall med flervåningssystem (stall C).

I alla stallar har belysningsmätningar gjorts på motsvarande sätt som i kartläggningsstallarna, se avsnitt 7.1.

Djuren i dessa stallar har kontrollerats vid tre tillfällen under varje hönsomgång. Unghönsen vid 1, 10 och 14 veckors ålder och värphönsen vid 35, 55 och 70 veckors ålder. Kontrollerna har gjorts enligt en metod som har utvecklats av Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU, Skara baserad på Gunnarsson et al. (1995) och modifierad efter Welfare Quality® (2009). Kontrollerna har framför allt inriktats på klinisk hälsa och beteenden som kan kopplas till olämpliga ljusförhållanden. Detta innebär registrering av hackskador relaterade till aggression, kannibalism och fjäderhackning. Unghönsens tillväxt och mognad har också bedömts baserat på viktcurvor och klinisk bedömning. Produktionsdata för omgångarna har också inhämtats från djurägarna.

De frågeformulär, mallar och bedömningsprotokoll med metodbeskrivning som har används vid djurkontrollerna framgår av bilagorna 1-3.



## 9.2 Resultat av ljusmätningarna

### Stall A

**Inredning:** Bolegg Starter

**Produktionsform:** Uppfödning

#### Inventering

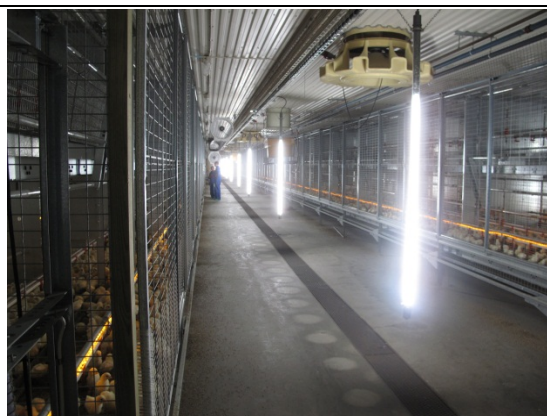
**Ljuskälla:** T8 lysrör 940 58W (märke HATO®)

**Ljuskälla:** LED slang inne i systemet

**Armatur:** Lysrör pendlade lodrät ned från tak

**Väggmaterial:** Vit plast

**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt



#### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 70 Lux

**Mittgång (max):** 59 Lux

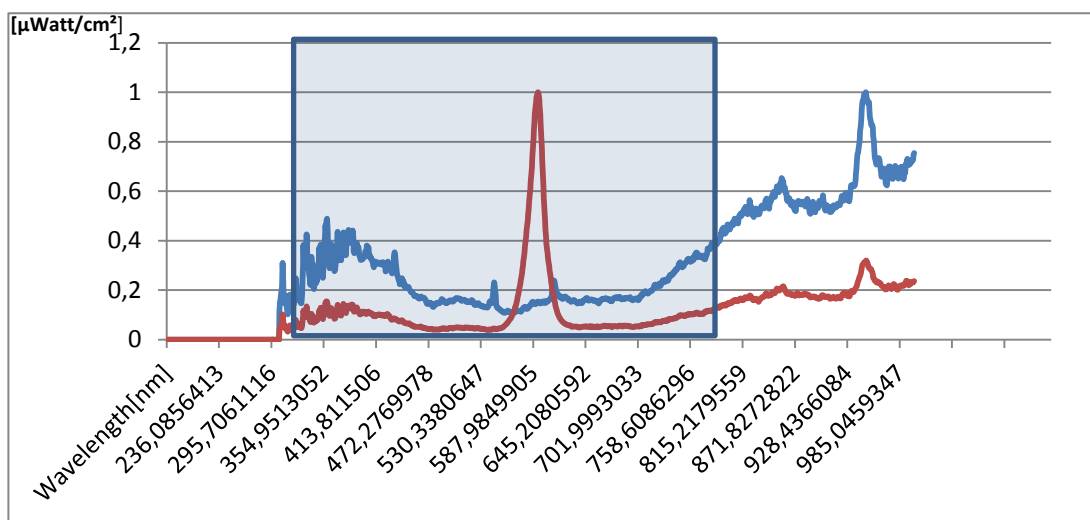
**Fodertråg (max):** 15 Lux

**Vägg (min):** 21 Lux

**Mittgång (min):** 29 Lux

**Fodertråg (min):** 12 Lux

#### Spektralfördelning



Blå kurva = lysrör, Röd kurva = LED slang

### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Kroppsvikt (g)	Foderförbr/höna & dag (g)	Vaccination
1	17500	17451	0,28	---	---	Paracox
10	17500	17063	2,5	800	57	IB
14	17500	17028	2,7	1130	60	IB 4/91



## Stall B

**Inredning:** Hellmann Miljösystem 10-bur

**Produktionsform:** Inredd bur

### Inventering

**Ljuskälla:** T8 960 58W (märke HATO)

**Armatyr:** Pendlade lodrätt ned från tak

**Väggmaterial:** Vit

**Takmaterial:** Korrugerad plåt



### Belysningsstyrka

**Burrad 1 (max):** 26 Lux

**Burrad 2 (max):** 25 Lux

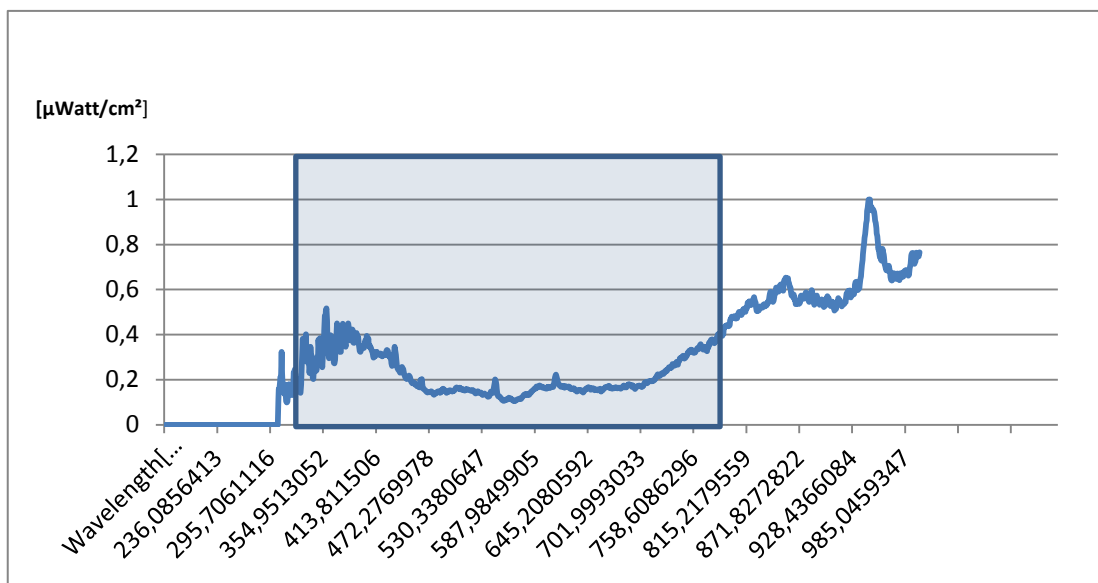
**Burrad 3 (max):** 8 Lux

**Burrad 1 (min):** 3,5 Lux

**Burrad 2 (min):** 3 Lux

**Burrad 3 (min):** 2,5 Lux

### Spektralfördelning



### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
35	2610	2375	0,9	94	-----	IB
55	2610	2529	3,1	85	-----	IB
70	2610	2420	7,3	79	-----	IB

## Stall C

**Inredning:** Bolegg Perfecta

**Produktionsform:** Frigående inomhus

### Inventering

**Ljuskälla:** T8 960 36W (märke HATO)

**Ljuskälla:** LED slang vid fodertråg

**Armatur:** Lysrör dikt an mot tak

**Väggmaterial:** Betong

**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt



### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 16 Lux

**Mittgång (max):** 26 Lux

**Fodertråg (max):** 19 Lux

**Gång vid rede ( max):** 11 Lux

**Vägg (min):** 11 Lux

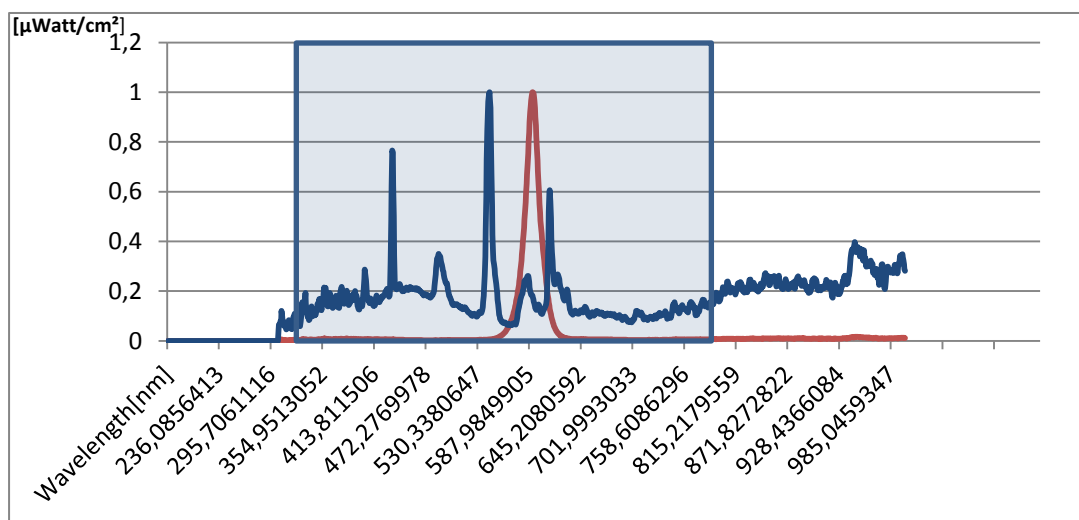
**Mittgång (min):** 20

Lux

**Fodertråg (min):** 14,5 Lux

**Gång vid rede (min):** 7,6 Lux

### Spektralfördelning



Blå kurva = Lysrör, Röd kurva = LED slang

## Produktion

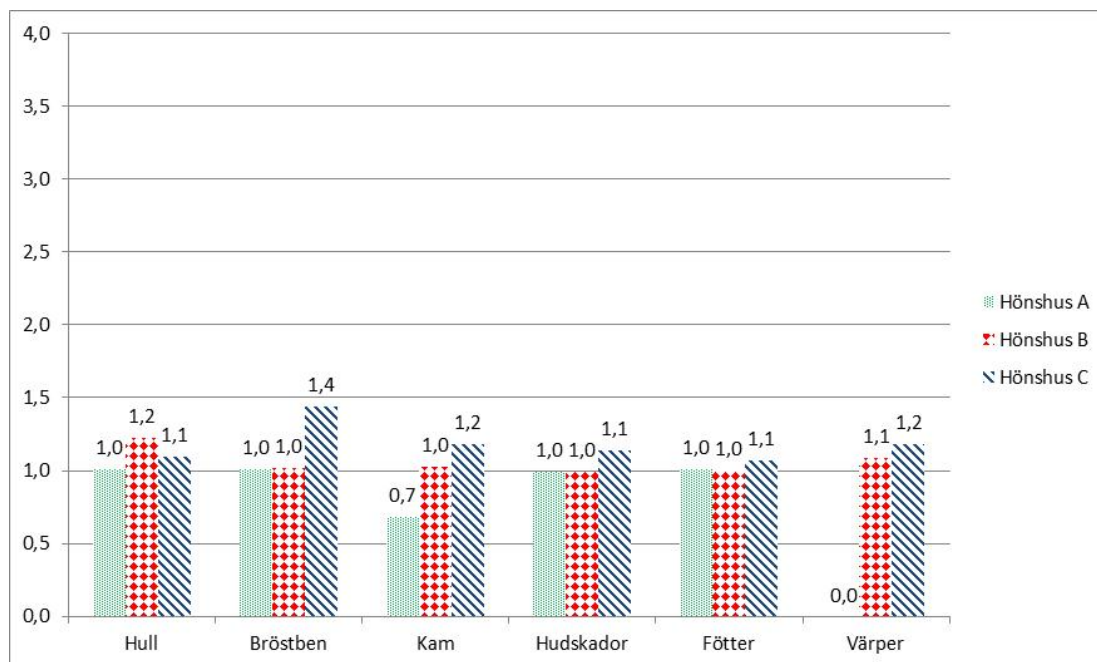
Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värpprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
35	3680	3640	1,1	94	127	IB
55	3680	3459	6	85	122	IB
---- <sup>1)</sup>	-----	-----	----	-----	-----	-----

1) Utbrott av IB trots vaccinering. Utslakt vid 66 veckor.

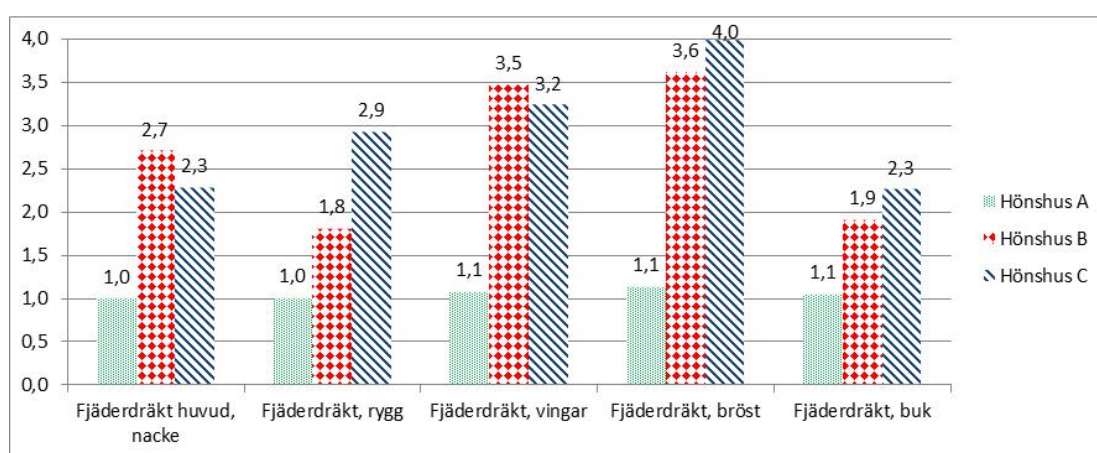
### 9.3 Klinisk djurhälsa och djurbeteende

Resultat från den kliniska undersökningen redovisas i figurerna 8-22. Hönshus A som omfattade unghöns hade i genomsnitt 1,0 som bedömning på alla parametrar i den kliniska bedömningen. Hönshus B hade högre frekvens av magra resp feta hönor och i hönshus C hade ca 40% av hönorna deformerade bröstben. När det gällde fjäderdräkten så hade hönorna hönshus B och C framför allt skador på fjäderdräkten på vingar och bröst.

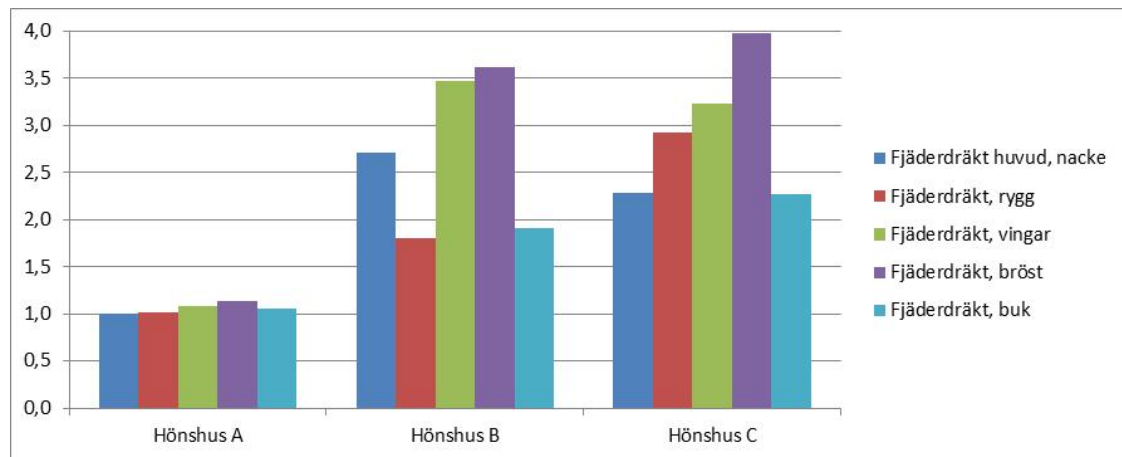
När det gäller beteendestudierna (Fig 22) så bedömdes hönorna i hönshus C ha något mer av positiva beteenden såsom trygg, lugn och komfortabel. Förekomst av negativa beteenden såsom, apatisk, spänd, förskräckt och nervös bedömdes i alla tre besättningarna vara låg.



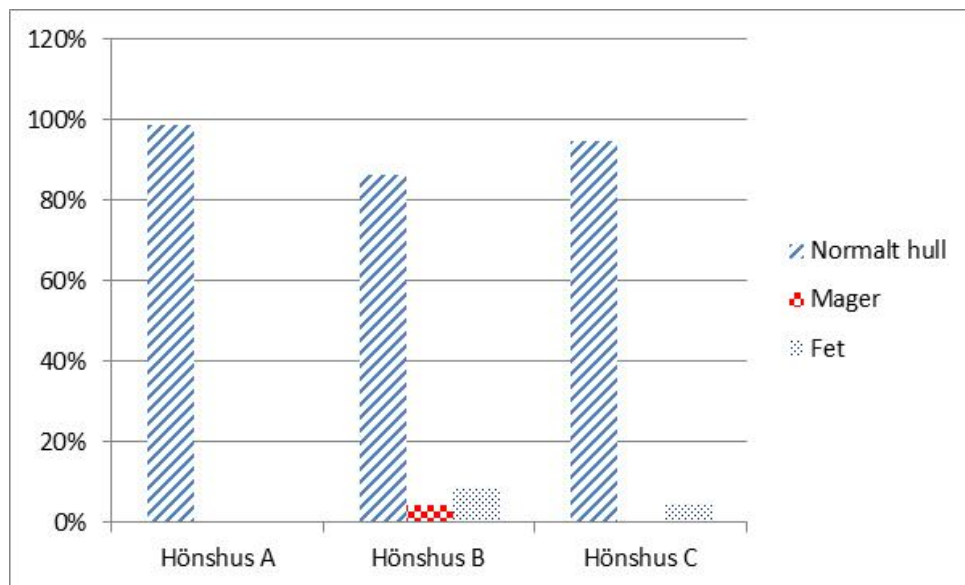
Figur 8. Sammanfattning av medelvärden av klinisk bedömning av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Hönorna i Hönshus A var unghöns. Bedömningskriterier framgår av bilaga 3.



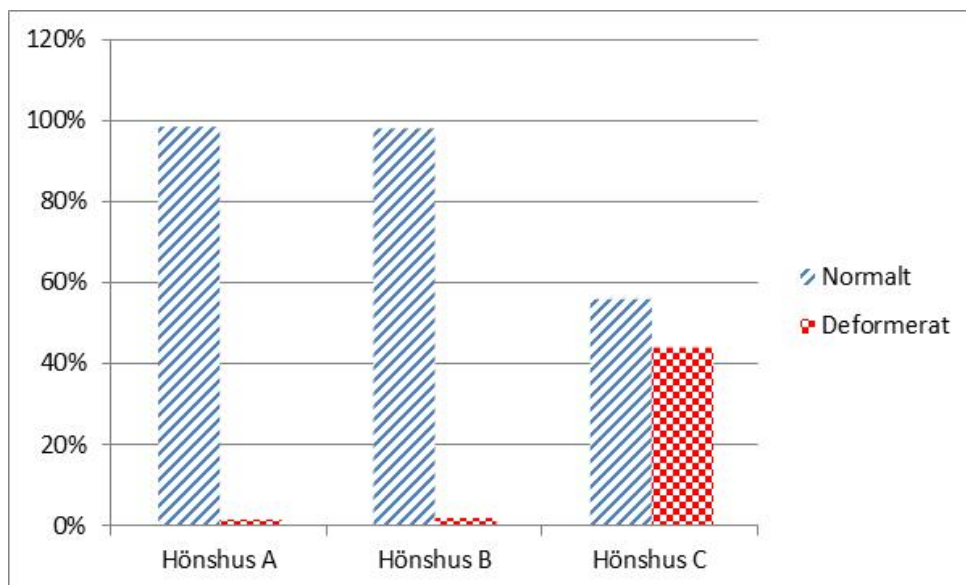
Figur 9. Sammanfattning av medelvärden av klinisk bedömning av fjäderdräkt uppdelad på resp. kroppsdel av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Hönorna i Hönshus A var unghöns. Bedömningskriterier framgår av bilaga 3.



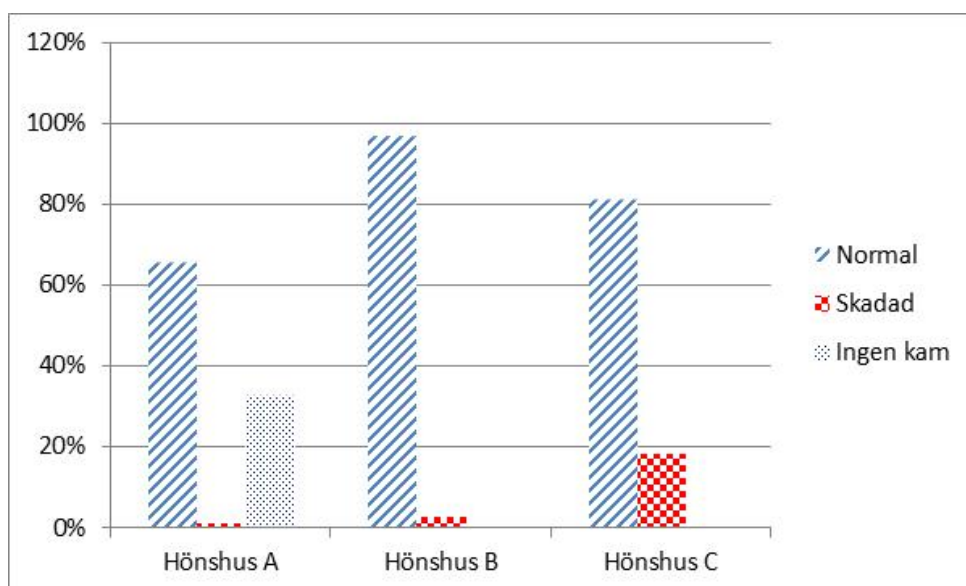
Figur 10. Sammanfattning av medelvärden av klinisk bedömning av fjäderdräkt av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Hönorna i Hönshus A var unghöns. Bedömningskriterier framgår av bilaga 3.



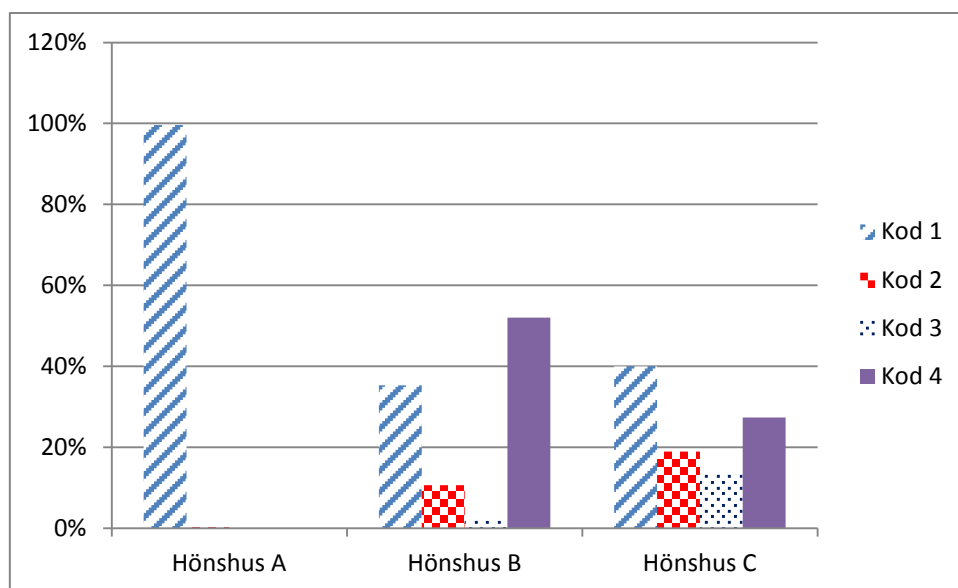
Figur 11. Klinisk bedömning av hull av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Hönorna i Hönshus A var unghöns. Bedömningskriterier framgår av bilaga 3.



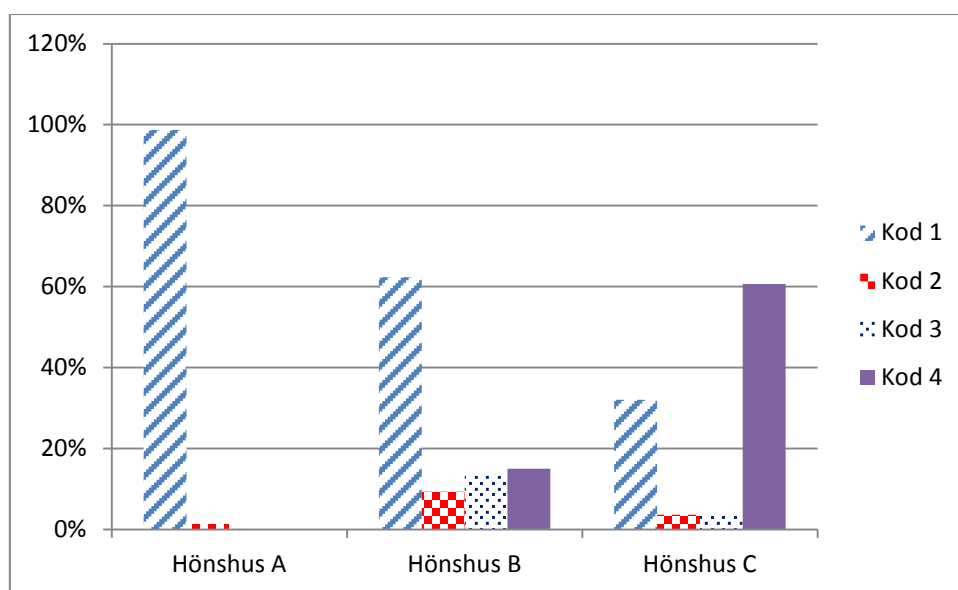
Figur 12. Klinisk bedömning av bröstben av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (höns hus) A, B resp. C. Bröstbenet är  $\geq 1$  cm avvikelse från mittlinjen eller har broskbildning.



Figur 13. Klinisk bedömning av kam av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (höns hus) A, B resp. C. Hönorna i Höns hus A var unghöns. Bedömningskriterier framgår av bilaga 3.

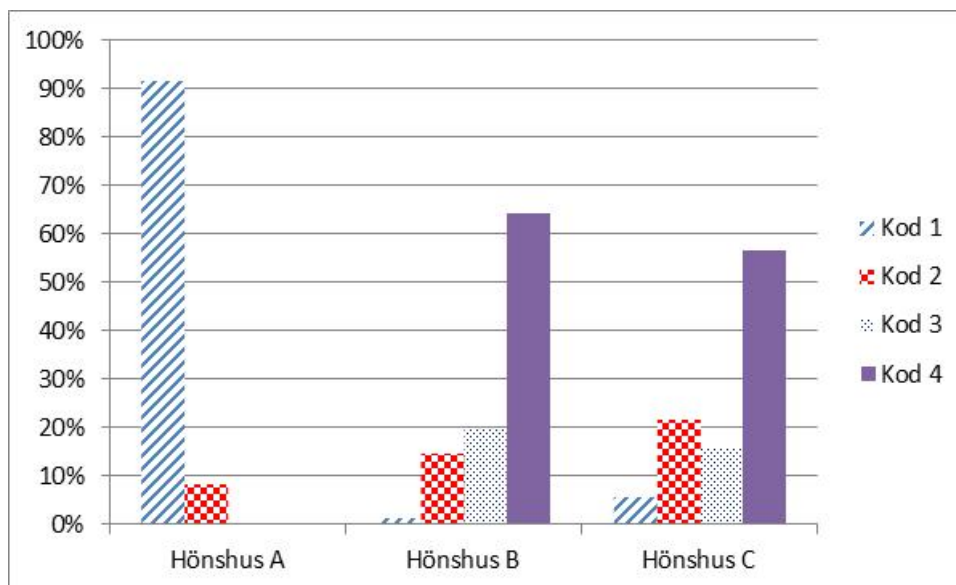


Figur 14. Klinisk bedömning av fjäderdräkt huvud, nacke av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (höns) A, B resp. C. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.

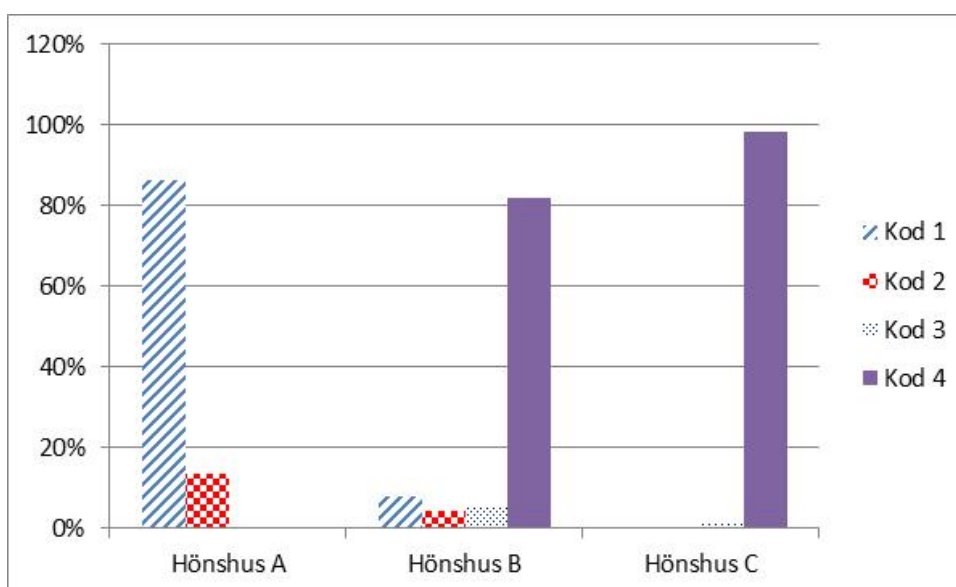


Figur 15. Klinisk bedömning av fjäderdräkt rygg av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (höns) A, B resp. C. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.

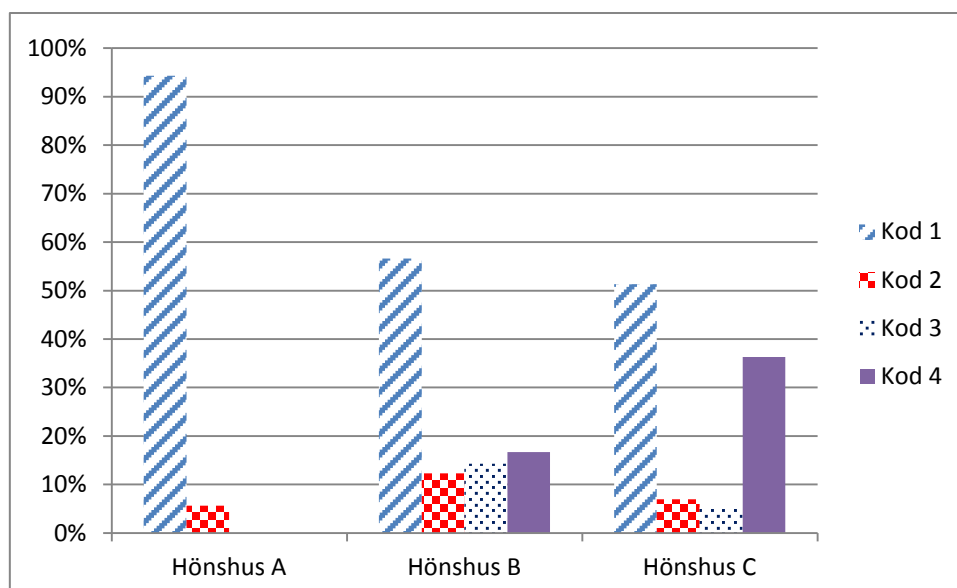




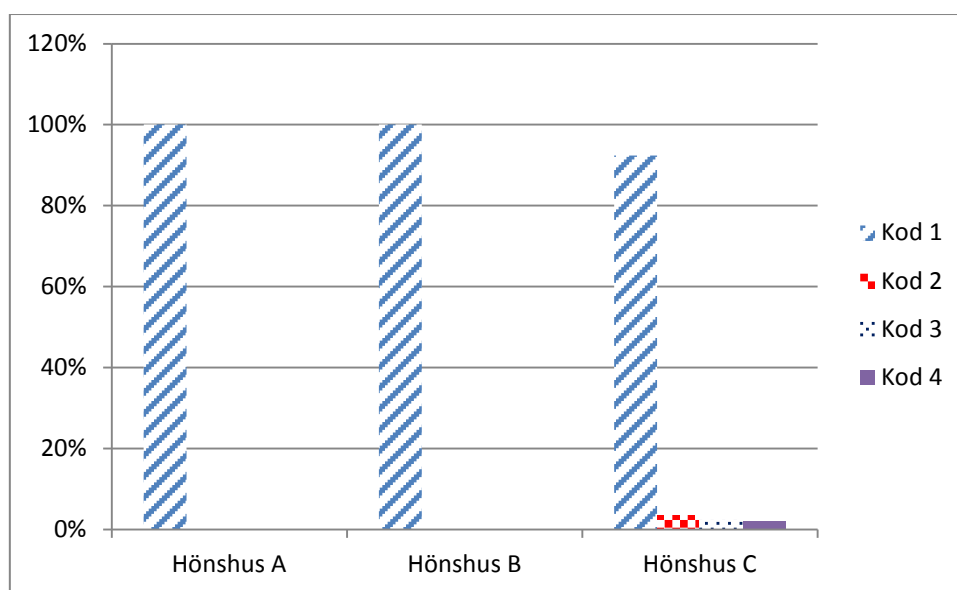
Figur 16. Klinisk bedömning av fjäderdräkt vingar av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



Figur 17. Klinisk bedömning av fjäderdräkt bröst av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.

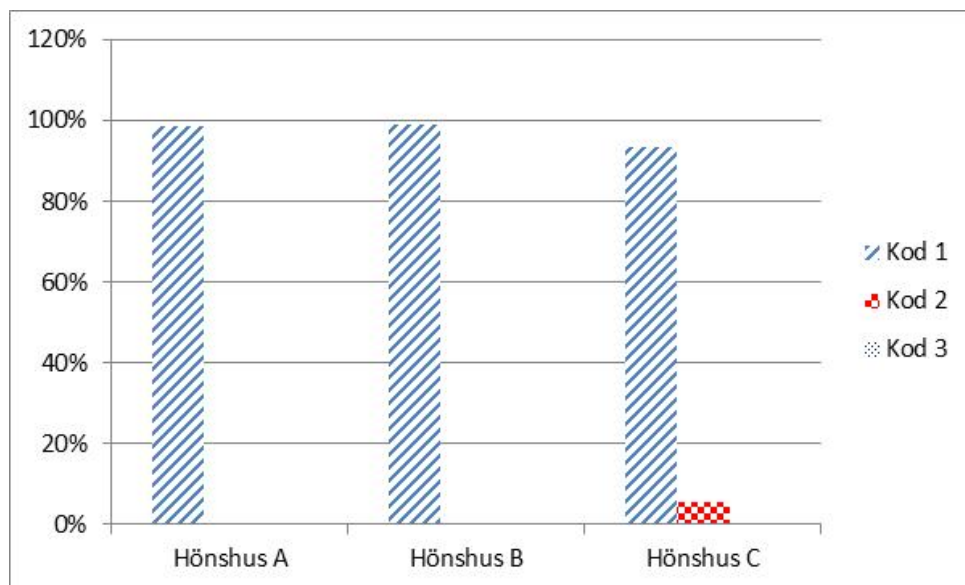


Figur 18. Klinisk bedömning av fjäderdräkt buk av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.

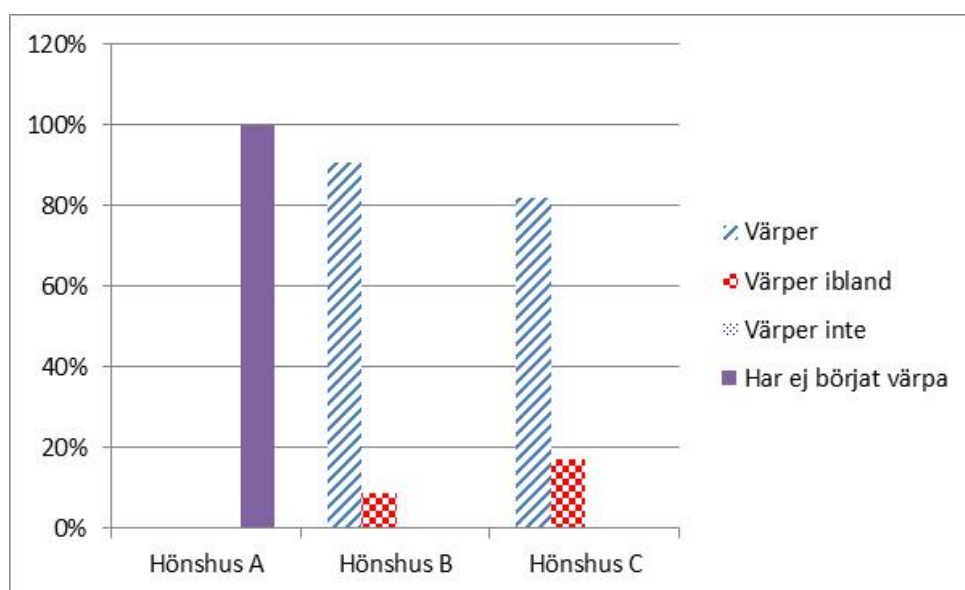


Figur 19. Klinisk bedömning av hudskador av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Kod 1 upp till två mindre hackskador, kod 4 > 5st hackskador eller rivskador. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.

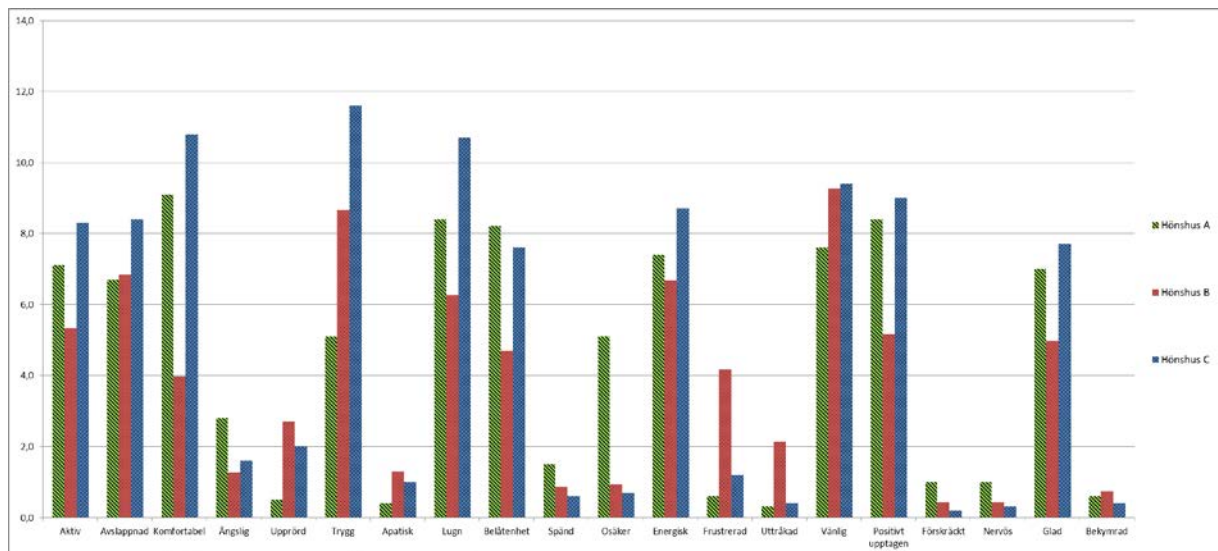




Figur 20. Klinisk bedömning av fotskador av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Kod 1 inga fotskador, kod 3 innebär att foten är skadad och svullen. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



Figur 21. Bedömning av värpstatus av 100 hönor per flock, medel för de tre bedömningstillfällena, för besättning (hönshus) A, B resp. C. Hönorna i Hönshus A var unghöns.

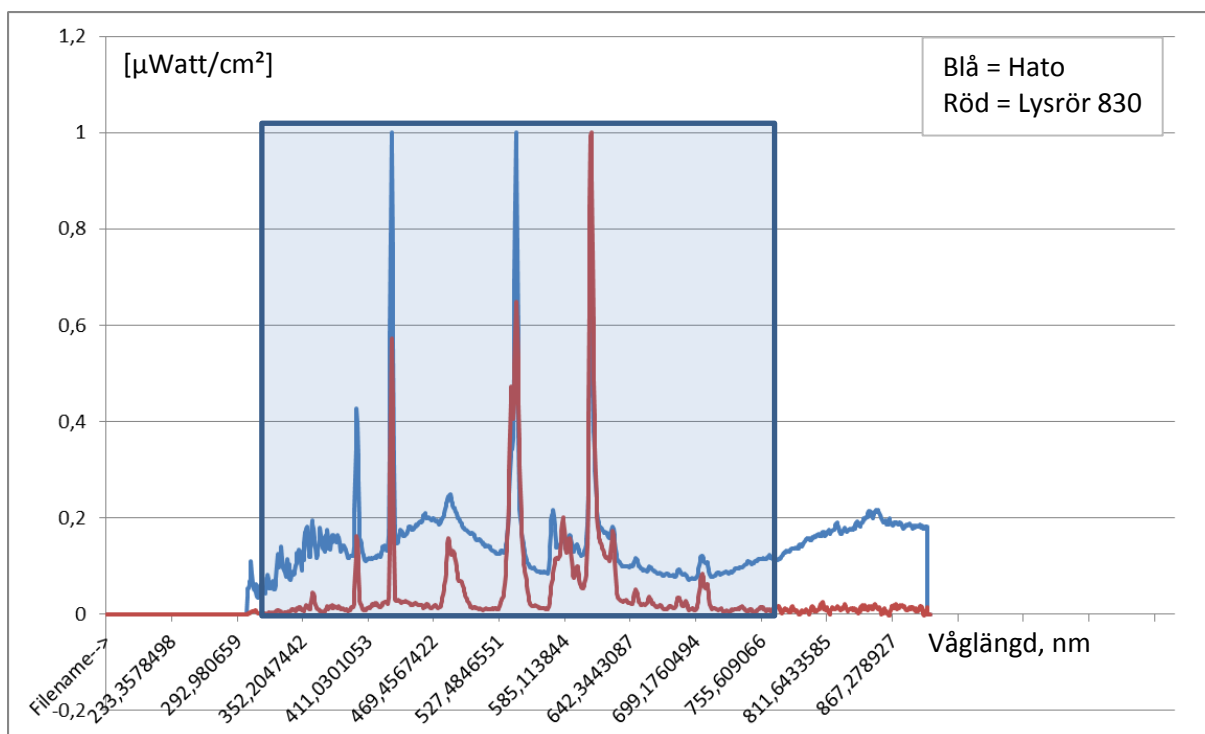


Figur 22. Kvalitativa beteendemått QBA (enligt metodik utvecklad inom Welfare Quality® se bilaga 2) i besättning A, B resp. C, medel för de tre bedömningstillfällena.

## 9.4 HATO-lampan

Enligt den holländska tillverkarens broschyrmaterial ska HATO-lampans ljus efterlikna dagsljus både när det gäller spektrum och färg. Under försökets gång har lampans spektralfördelning mätts laboratoriemässigt vid Jönköpings Tekniska Högskola. Resultatet redovisas i figur 23. Som jämförelse har spektrum för ett annat lysrör lagts in i figuren. Även om det är vissa skillnader i spektralprofilerna kan konstateras att HATO-lampan har klara likheter med andra lysrör här exemplifierat via spektralprofil. Samtliga artificiella ljuskällor på marknaden har toppar inom det kort-, mellan- och långvågiga strålningsområdet. Skälet till att det är skillnader mellan spektralbilden i broschyren och mätresultatet vid Högskolan kan bero på mätteknik. Högskolans mätning bygger på mätningar var 5:e nm medan tillverkarens figur torde bygga på mätningar med större intervall, kanske ungefär 100 nm, vilket ger en mer utjämnad kurva.

Vid studium av mätresultaten från de tre stallarna kan konstateras att stall C skiljer sig från de andra stallarna. Stall A och B har relativt kontinuerliga spektrum medan stall C:s spektrum innehåller flera "peakar". Orsaken finns i hur ljuskällan emitterar våglängder och stora skillnader kan ses inom samma typ av ljuskälla.



Figur 23. Spektralfördelning för HATO-lampan jämförd med spektralfördelning för vanligt lysrör. Markerade området är lika med höns synområde.

## 9.5 Sammanfattning och diskussion

När det gäller djurhälsa och djurbeteende kan konstateras att hönorna i besättning A var unghöns och därför var det inga hönor som var i värpning och stor del av unghönsen hade ingen utvecklad kam. Vi fann få skador på dessa djur över huvudtaget. I besättning B och C hade de flesta hönorna skada fjäderdräkt, f.f.a. allt var det många hönor som hade nakna vingar och ryggen.

Det är dock svårt att sätta hackskador och fjäderskador i relation till att det skulle bero på olika ljusförhållanden, då det inte finns någon tydlig skillnad mellan besättningarna avseende de kliniska skador vi kunde se.

Då det gäller beteendestudierna var det inga stora skillnader mellan de olika besättningarna. I höns hus C var det dock vanligare att hönornas beteenden som var relaterade till positiva beteenden något högre, såsom komfortabel, trygg och lugn.

Aktionsspektrum för höns är ännu inte fullt ut utforskat varför en vetenskaplig utvärdering av ljuskällans effekt på fåglarna är svår att genomföra. HATO har en ökad representation i våglängdsområden som är viktiga för höns vilket är en stor fördel i jämförelse med andra lysrör.

HATO kan inte fullt ut ersätta dagsljus eftersom den saknar ett kontinuerligt spektrum men är en av de ersättare som finns på marknaden och kan med fördel användas när dagsljusinsläppet inte räcker till eller när dagsljusinsläpp är olämpligt att användas av djurskyddsskäl. Vi råder producenterna att pröva sig fram i valet av ljuskälla och läsa av hönsens beteende. Målet är att stödja fåglarnas dygnsrytm på ett bra sätt och då bör man växla mellan ett aktiverande och avkopplande ljus. HATO-lysröret står för ett aktiverande ljus och Halogen för ett avkopplande ljus. När fåglarna växlar mellan vakenhet och vila på ett bra sätt stöds dygnsrytmen.

## 9.6 Råd till Jordbruksverket

En samlad bild av beprövad erfarenhet och vetenskap är att dagsljus från ”vanliga” fönster i långväggarna kan skapa problem. Ojämn ljusfördelning och/ eller ljusfläckar kan ge upphov till fjäderplockning och i värsta fall kannibalism eller klumpning. Genom att förse fönstren med avskärmningar i form av t.ex. matt film eller jalusier kan problemen minskas men fortfarande blir jämnheten i ljuset i framför allt bursystem och flervåningssystem dåligt eftersom inredningen hindrar dagsljuset från att komma in i mitten på stallet. Enligt kravlista i kapitel 6 är det viktigt att ljuset i stallet sprids jämnt för att hönsen inte ska bli oroliga och stressade. För att uppnå detta är det fördelaktigt om ljuset kommer uppifrån vilket sker i naturen.

För att komma tillrätta med problemen kan i dagsläget två alternativ urskiljas.

Alternativ ett innebär att dagsljusöppningarna placeras högt i stallarna. I stallar med plant innertak är fönsterband under takfot eller ljusschakt, såsom i stall 6b respektive 6a ovan, två möjliga lösningar. För att ljuset ska sprida sig i hela stallet på ett godtagbart sätt måste vägg-/takhöjden vara så hög att ljuset kan sprida sig över inredningen. I stallar med parallelltak är dagsljusinsläpp inocken en möjlig lösning. För båda lösningarna gäller att dagsljusöppningarna förses med jalusier så att dagsljuset kan samordnas med den artificiella belysningen på ett sådant sätt att hönsens dygnsrytm inte påverkas negativt. Fördelen med detta alternativ är att stallarna inte blir fönsterlösa och att energiåtgången för belysning kan reduceras. Nackdelen är att alternativet inte är tillämpligt på majoriteten av befintliga hönsstallar. Däremot är det tillämpligt vid nybyggnation.

Alternativ två är i första hand ett alternativ för befintliga stallar med ”vanliga” fönster i långväggarna. I dessa stallar skulle helt avskärmade fönster kunna tillåtas om stallarna är försedda med belysning som har dagsljusliknande spektrum. Ny teknikprovningen av HATO-lampan är ett försök att utreda denna möjlighet. De kliniska undersökningar och beteendestudier av hönorna i de tre besättningar som studerats visar inte på några tecken som tyder på att djurhälsa och djurskydd skulle vara försämrade på grund av ljusstypen. Fynden av

att hönorna har en sämre befjädring med ökande ålder avviker inte från det mönster som man ofta ser hos värphöns i andra besättningar i Sverige, oavsett om de har tillgång till dagsljusinsläpp och utevistelse. Det går därmed inte att specifikt koppla det till den nya teknik som prövats i projektet.

Belysningstekniskt har HATO-lampan en ökad representation i våglängdsområden som är viktiga för både hönans visuella och fysiologiska system, då främst inom det mer kortvågiga UV-området, vilket är en stor fördel i jämförelse med andra lysrör. Inte heller dagsljusinsläpp genom glas innehåller denna kortvågiga strålning eftersom den filtreras bort. Dock bedöms HATO-lampan inte kunna ersätta dagsljus fullt ut eftersom den saknar ett kontinuerligt spektrum. Dess spektralprofil har, trots vissa skillnader, stora likheter med spektralprofilen för andra lysrör. För att kunna särskilja ljuskällor med ett mer dagsljusliknande spektrum måste kraven på dagsljusspektrum definieras och det har inte varit möjligt inom ramen för detta projekt.

Ett sätt att komma vidare skulle kunna vara att definiera vilken spektralprofil som en ljuskälla bör uppfylla för att klassas som en dagsljusliknande ljuskälla. Detta skulle kunna vara ett sätt att snabbt testa nya typer av ljuskällor och klassa dem som dagsljusliknande och därmed godkänna dem som ett alternativ till fönster i befintliga stallar där fönstren är olämpligt utformade eller placerade.

## 10. STALL MED LED-BELYSNING

Studie av detta stall har skett med samma metoder som för HATO-stallarna.

### 10.1 Resultat av ljusmätningarna

#### Stall LED

**Inredning:** Envåning Jansen

**Produktionsform:** Frigående inomhus

#### Inventering

**Ljuskälla:** LED

**Armatyr:** Opal kupa plast

**Väggmaterial:** Rödbrun plywood

**Takmaterial:** Vit korrugerad plåt



#### Belysningsstyrka

**Vägg (max):** 7 Lux

**Mittgång (max):** 11 Lux

**Fodertråg (max):** 6,5 Lux

**Gång vid rede ( max):** 1 Lux

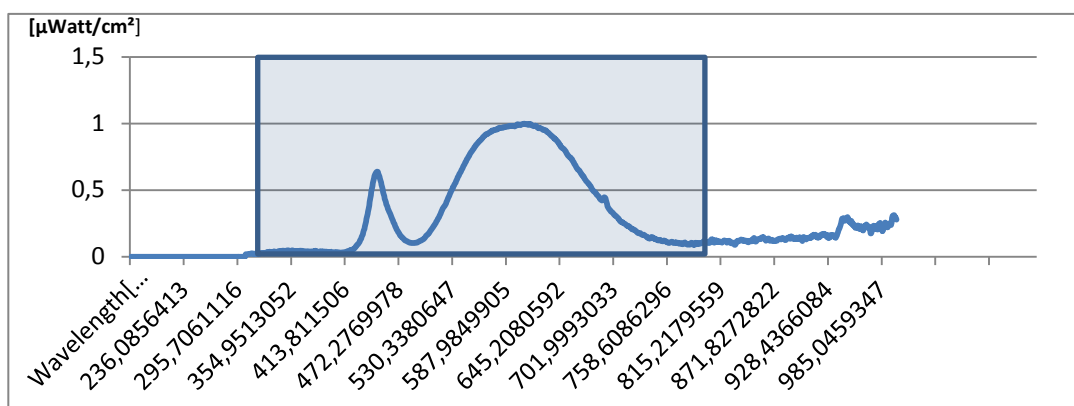
**Vägg (min):** 5 Lux

**Mittgång (min):** 8 Lux

**Fodertråg (min):** 4,7 Lux

**Gång vid rede (min):** 0,7 Lux

#### Spektralfördelning



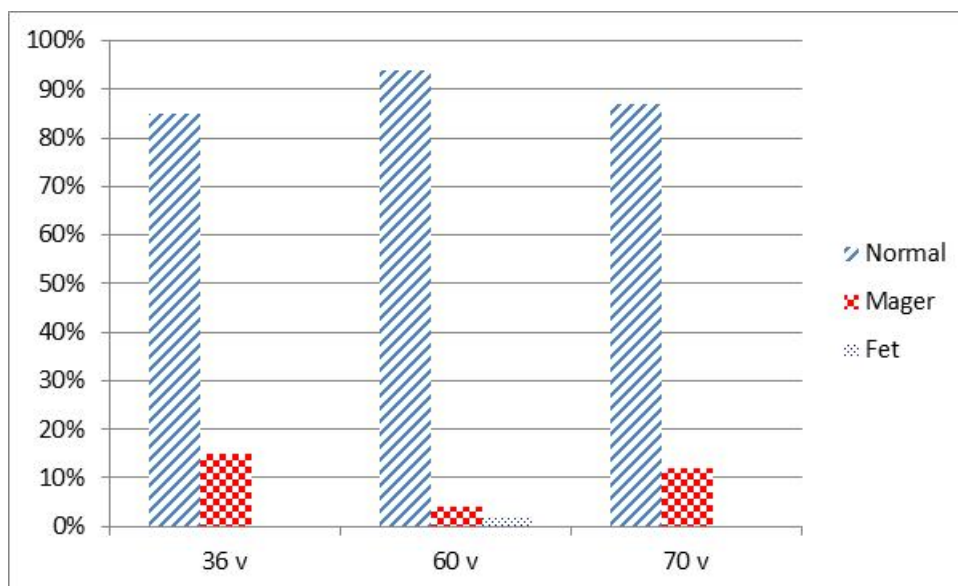
#### Produktion

Ålder vid besök (v)	No. Insatta	No. Vid besök	Dödlighet (%)	Värprocent (%)	Foderförbr/ höna & dag (g)	Vaccination
35	4682	4608	1,6	95,6	112	Nej
55	4682	4485	4,2	94,1	120	Nej
70	4682	4382	6,4	88,5	123	Nej

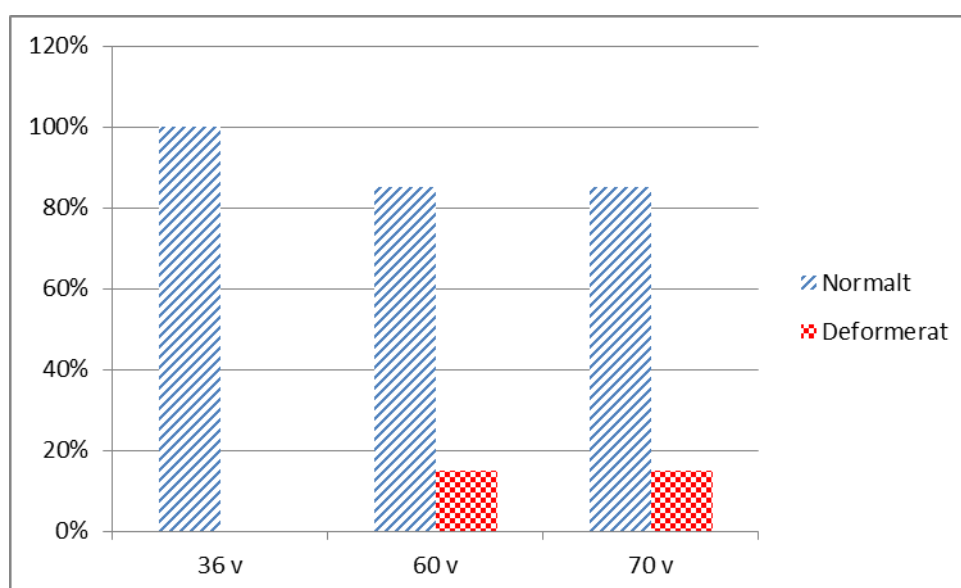
## 10.2 Klinisk djurhälsa och djurbeteende

Resultat från kliniska undersökningarna i besättningen med LED-ljus redovisas i figurerna 23-33. Kliniska undersökningar genomfördes i samband med besök för ljusmätningar, då hönorna var 36, 60 respektive 70 veckor. Andelen hönor med skador eller anmärkningar ökade med ökande ålder för bröstben, fotskador samt befjädring. Medan andelen kamskador och hudskador var lägre på djuren när de var äldre.

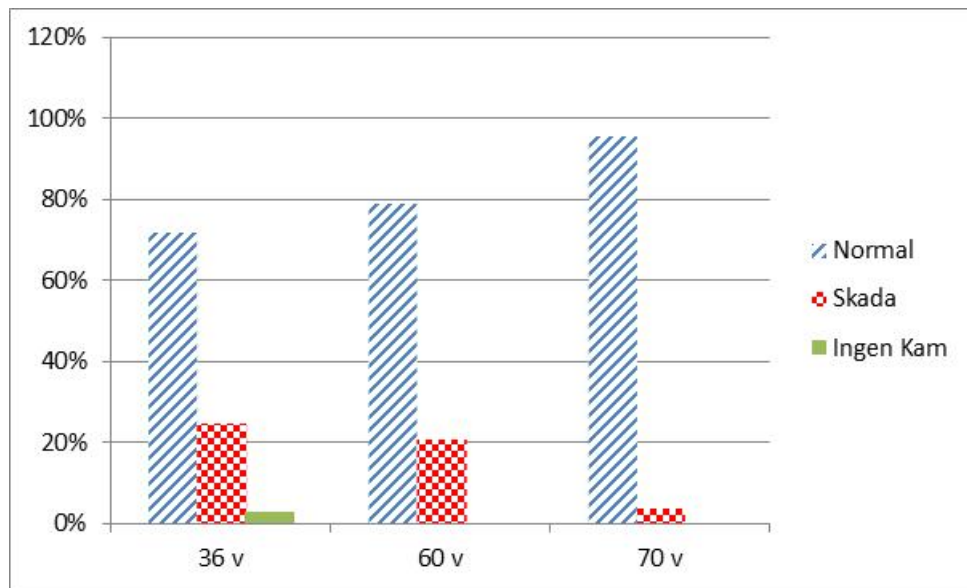
När det gäller beteendestudierna (Fig. 34) så bedömdes hönorna vid alla åldrar visa mer av positiva beteenden såsom trygg, lugn och komfortabel, medan förekomst av negativa beteendena såsom, apatisk, spänd, förskräckt och nervös bedömdes i alla tre besättningarna vara låg.



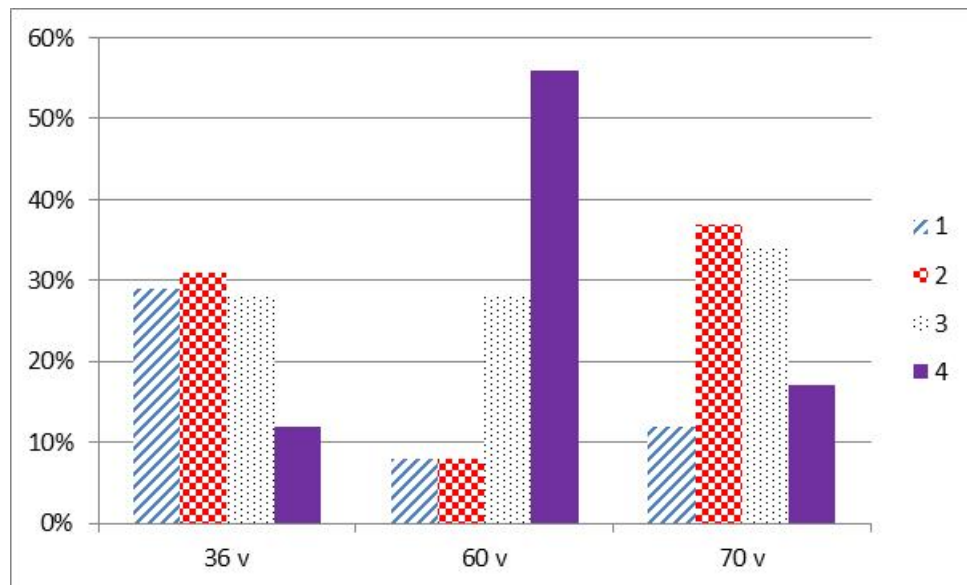
Figur 23. Klinisk bedömning av hull av 100 hönor per flock i höns hus med LED-ljus vid 36v, 60 v resp. 70 v. Bedömningskriterier framgår av bilaga 3.



Figur 24. Klinisk bedömning av bröstben av 100 hönor i höns hus med LED-ljus vid 36v, 60 v resp. 70 v. Bröstbenet är  $\geq 1$  cm avvikelse från mittlinjen eller har broskbildning.

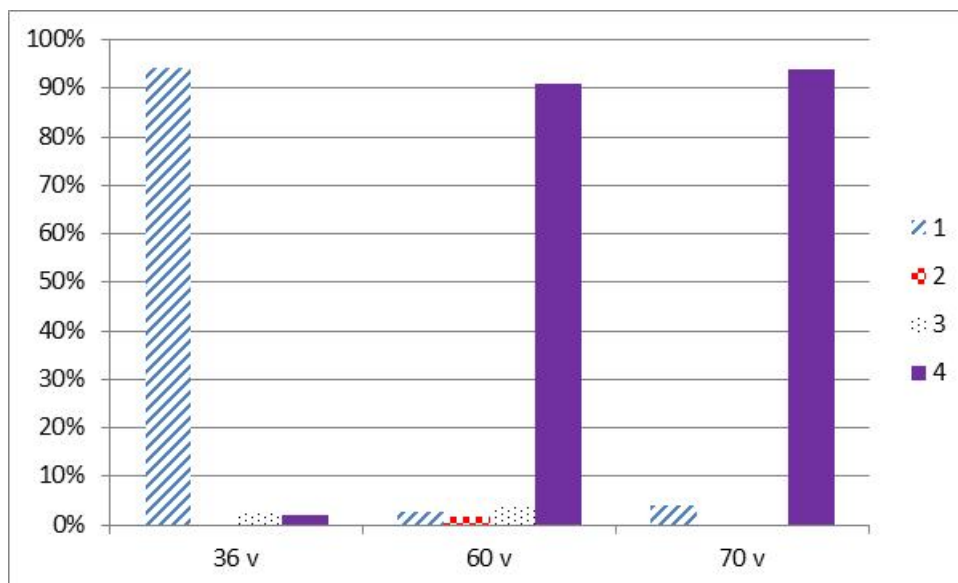


Figur 25. Klinisk bedömning av kam av 100 hönor per flock, i hönshus med LED-ljus vid 36v, 60 v resp. 70 v. Bedömningskriterier framgår av bilaga 3.

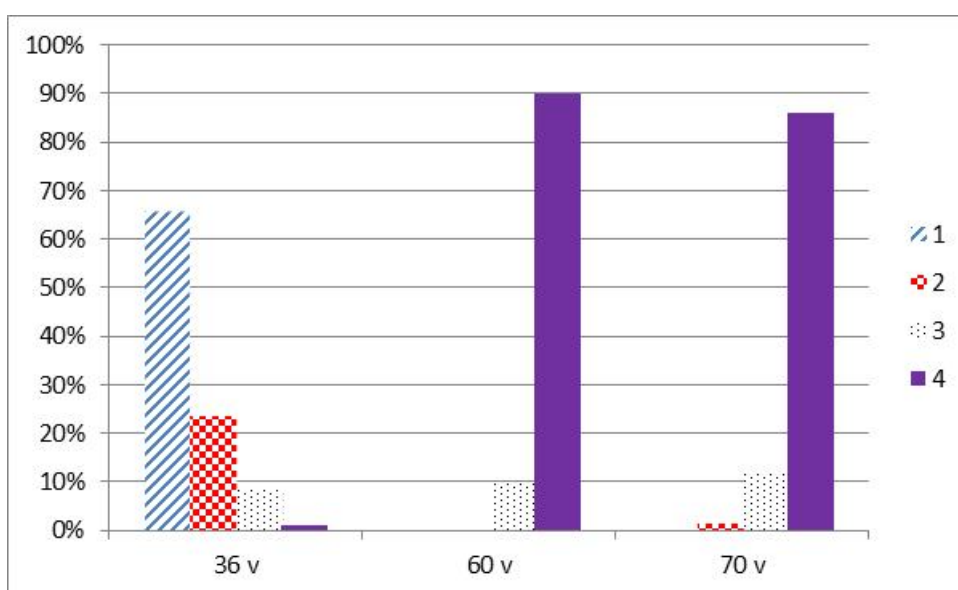


Figur 26. Klinisk bedömning av fjäderdräkt huvud, nacke av 100 hönor per flock, i hönshus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.

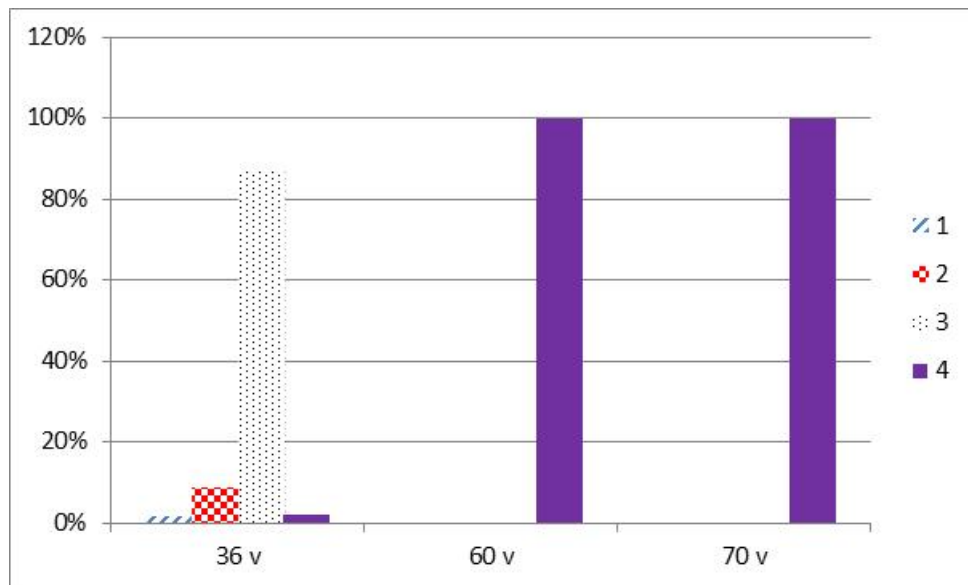




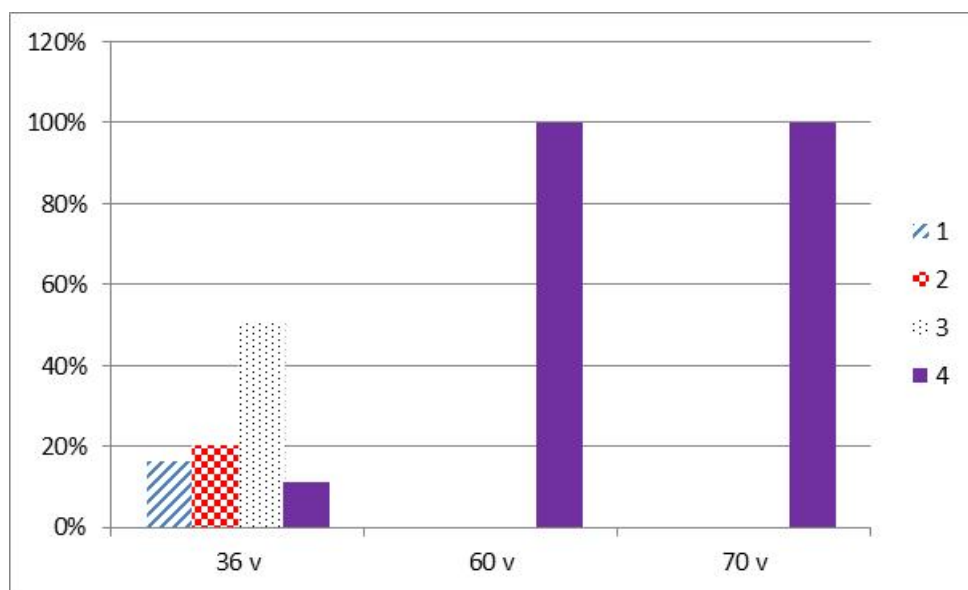
Figur 27. Klinisk bedömning av fjäderdräkt rygg av 100 hönor, i hönshus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



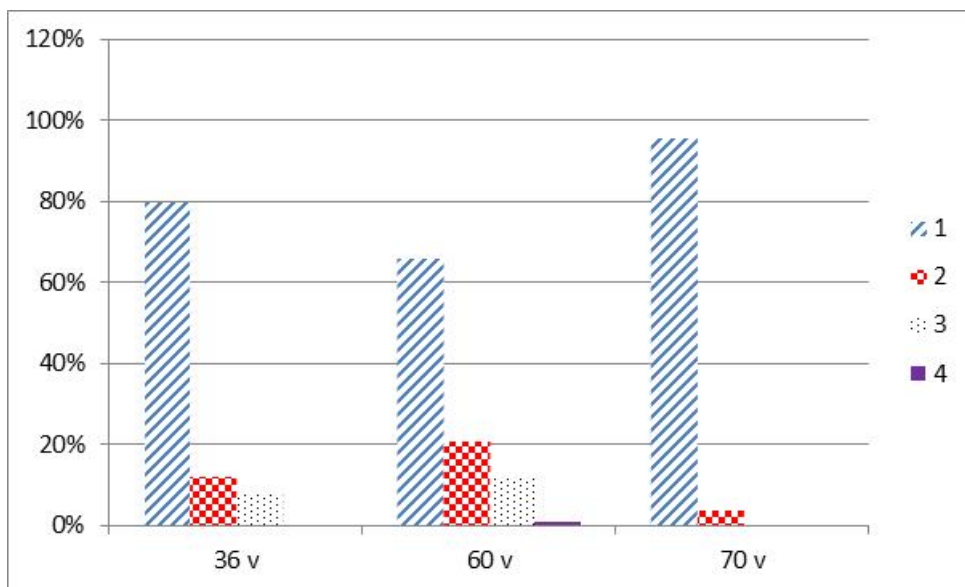
Figur 28. Klinisk bedömning av fjäderdräkt vingar av 100 hönor i hönshus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



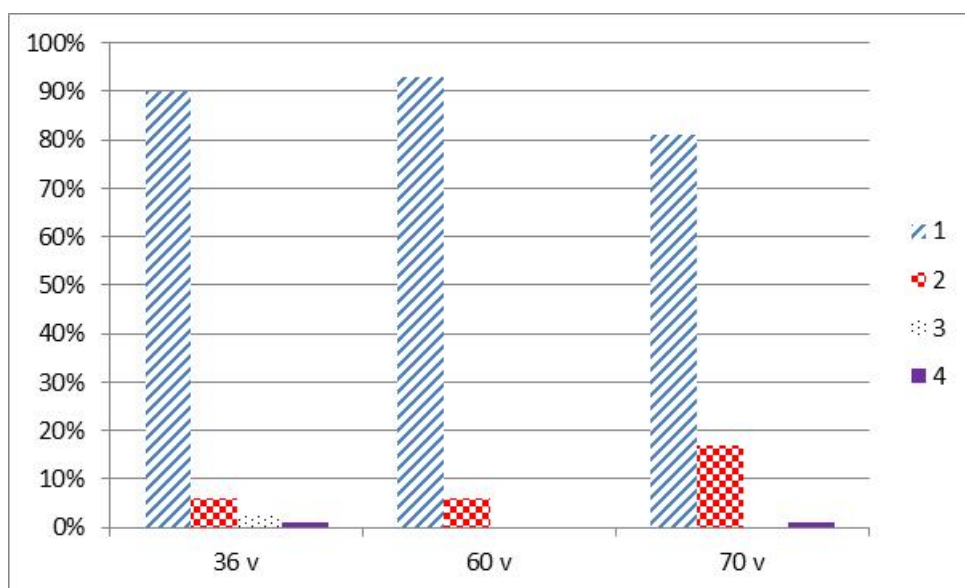
Figur 29. Klinisk bedömning av fjäderdräkt bröst av 100 hönor, i hönshus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



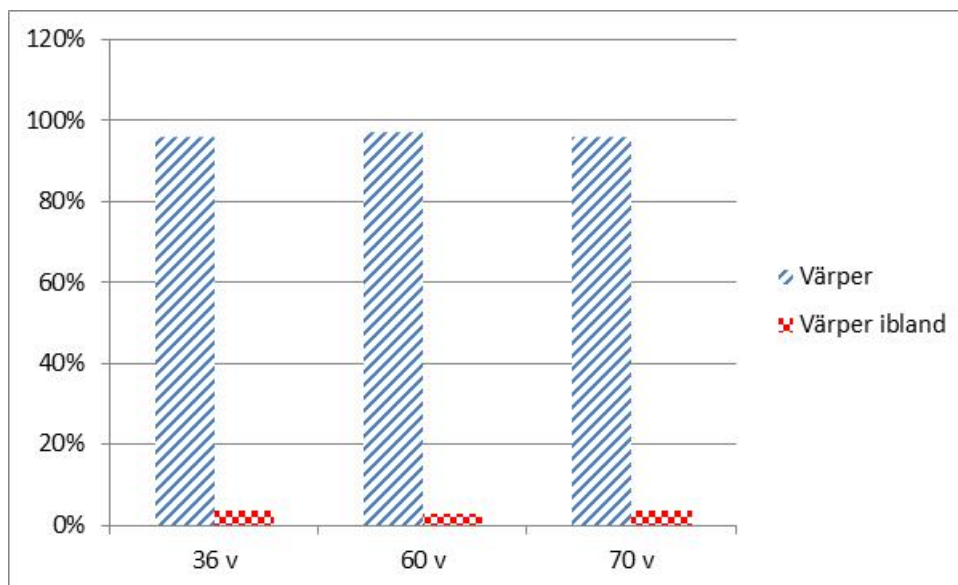
Figur 30. Klinisk bedömning av fjäderdräkt buk av 100 hönor i hönshus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Kod 1 innebär oskadd fjäderdräkt, kod 4 innebär kala områden > 5cm i diameter. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



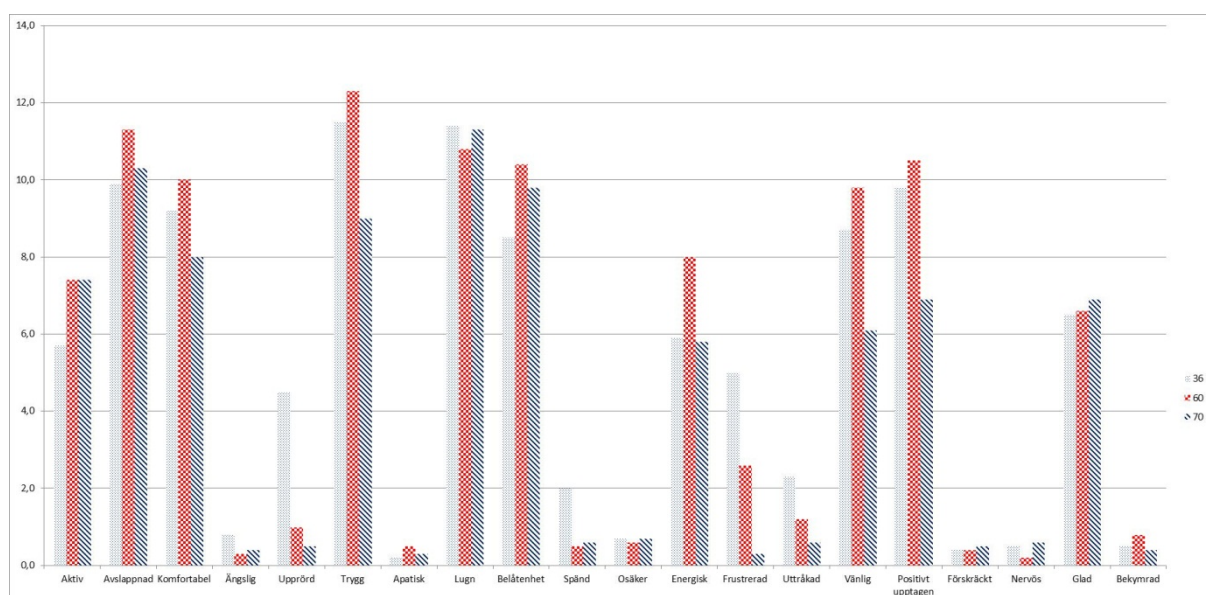
Figur 31. Klinisk bedömning av hudskador av 100 hönor, i hönshus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Kod 1 upp till två mindre hackskador, kod 4 > 5st hackskador eller rivskador. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



Figur 32. Klinisk bedömning av fotskador av 100 hönor i hönshus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Kod 1 inga fotskador, kod 3 innebär att foten är skadad och svullen. Detaljer för bedömningen framgår av bilaga 3.



Figur 33. Bedömning av värpstatus av 100 hönor i höns hus med LED-ljus vid 36 v, 60 v resp. 70 v. Hönorna i Höns hus A var unghöns.



Figur 34. Kvalitativa beteendemått QBA (enligt metodik utvecklad inom Welfare Quality® se bilaga 2) i besättning med LED-ljus vid 36, 60 respektive 70 veckors ålder.

### 10.3 Diskussion

Liksom i HATO studien påvisade de kliniska undersökningarna och beteendestudierna av hönorna i LED-stallet inte några tecken som tyder på att djurhälsa och djurskydd skulle vara negativt påverkat på grund av ljusstyp. Liksom i den föregående studien avviker inte den sämre befjädringen med ökande ålder från det mönster som man ofta ser hos värphöns i andra besättningar i Sverige. Produktionsmässigt avviker inte heller besättningen från normalvärde enligt hybridmanual. Samtidigt går det inte att säga att djurhälsa och djurbeteende skulle förbättras med ljusstypen, för det krävs betydligt mer omfattande undersökningar. Det går därmed inte att koppla fynden specifikt till ljuskällan LED-ljus som undersökts i projektet.

I denna studie fanns inte utrymme att göra en studie av ett uppfödningsstall såsom i HATO-studien men Gimranäs AB har installerat LED-lampan (Ang Glo Agrilamp) i ett uppfödningsstall. Enligt uppgift så är erfarenheterna så långt mycket goda. Med glödlampor och lysrör måste man vara uppmärksam på ljusstyrkan vid vissa åldrar när unghönsen sätter nya fjädrar och då främst vid ca 3v ålder då man tidigare haft full belysningsstyrka enligt ljusprogrammet. Om man inte sänker belysningsstyrkan vid denna ålder får man lätt hackning. Vid användning av LED lampa har inte denna tendens observerats trots en högre belysningsstyrka Resultaten från denna studie samt praktisk erfarenhet insamlad från fältet indikerar att LED lampan är ett fungerande alternativ till glödljuset. I figur 35 visas upplysningsvis spektralprofil för både HATO- och LED-lampan.

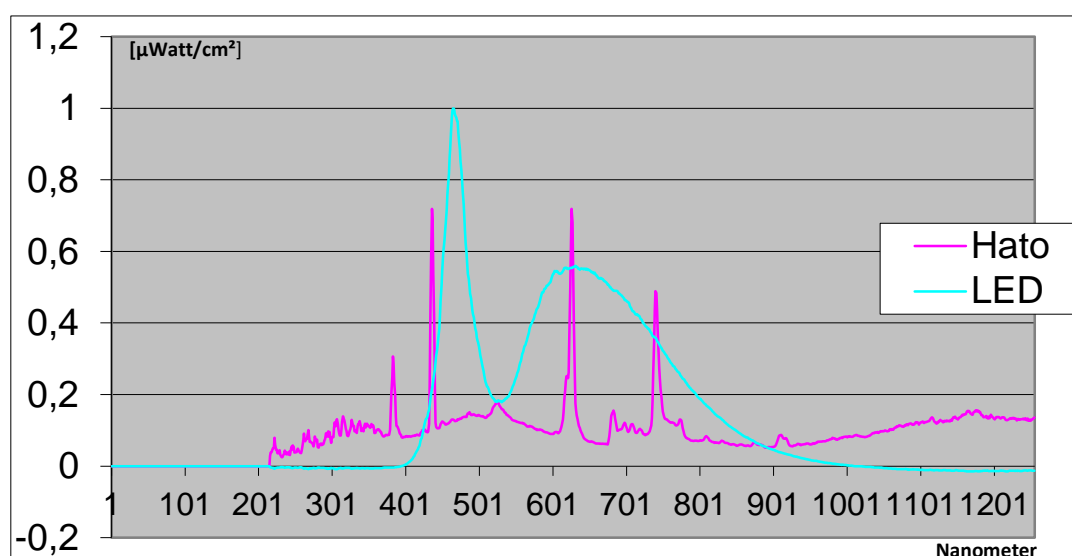


Fig 35. Jämförelse mellan spektralprofil för HATO-lampa och LED-lampa.

## 11. Slutord om framtida val av ljuskälla

Under årens lopp har höns utvecklats i interaktion med dagsljusets föränderliga spektralprofil och rytm under dagen. Framtidens optimerade ljusanläggning utformad specifikt för höns planeras med det ljus vi ser i naturen som grund men av produktionsskäl utformad i modifierad version.

När den interaktion mellan fågel, ljus och miljö som ses i naturen återskapas för inomhusmiljö, behöver ljusnivå och ljusfördelning anpassas för kontrastsituationen i rummet för att fungera väl. Dagsljus behöver tas in i byggnaderna på ett sätt som formar en ljusfördelning som påverkar fåglarna till att fungera väl.

Projektets slutresultat visar på att dagsljus är det ljus som fåglarna behöver men om dagsljus används på ett sätt som antingen står i konflikt med hönsstallets ljusprogram, eller skapar en ljusfördelning i stallet som stör fåglarna, riskerar användandet av dagsljus att bli negativt.

Utvecklingen av ljuskällor går fort. Med OLED (organisk LED) och Nanoteknik formas nu ljuskällor som emitterar ljus nära dagsljusets föränderliga spektralprofil och kan styras till att generera en ljusrytm som följer dagsljuset. Framtida belysningsanläggningar för höns tar specifikt sikte på att återskapa de ljusförhållanden som råder i naturen när ljuset ger signaler för äggläggning. Med ökad förståelse för hur aktionsspektrum ser ut för fåglar kommer ljusanläggningar för höns baseras på dagsljus där det fungerar väl. Fåglarnas ljus kommer sen att kompletteras alternativt helt ersättas beroende på stallets utformning för fönsteröppningar med ett kompletterande artificiellt ljus som står nära dagsljus till sin utformning.

Projektet ringar in de ljusrelaterade frågornas komplexitet vad gäller äggproduktion inomhus och visar på svårigheter med att använda dagsljus. Om dagsljus ska användas måste avgöras från fall till fall och bör vila på producenternas iakttagelser av fåglarnas beteende. Där problem uppstår rekommenderas att man av djurskyddsskäl stänger ute dagsljus.

Mer forskning bör initieras för att visa på hur hönsstall kan utformas för att kunna använda dagsljus och samtidigt visa på hur ljusprogram kan synkroniseras med dagsljus utan att skapa konflikter som stör fåglarna. Samtidigt kan morgondagens optimerade belysningsanläggning för hönsstallar beskrivas i sina grundläggande principer för att vägleda för en framtida förbättrad utformning av ljus för hönsstall. Utvecklingen på ljusområdet är eftersatt men forskningen tillhör idag ett av världens 10 hetaste forskningsområden. Mer forskning bör initieras kring ljus för höns när utvecklingen av OLED har kommit något längre och lösningen på hur vi återskapar dagsljusets föränderliga spektralprofil och dagsljusets rytm är inom räckhåll.

Som komplement till eller alternativt hel ersättning för dagsljus rekommenderas i dagsläget den typ av ljuskälla på marknaden som mest efterliknar dagsljusets spektralprofil. Idag är det glödljuset som likt solen är en temperaturstrålare den ljuskälla som mest liknar dagsljuset. Glödlampan håller på att fasas ut som åtgärd för att minska den energi som går åt för belysning. Lysrör har en från dagsljuset mer avvikande spektralprofil än glödljuset och detsamma gäller LED. Det finns ingen idealisk ersättare för dagsljus på marknaden idag varför rekommendationen blir att använda den ljuskälla man har goda erfarenheter av och att avvakta utvecklingen av ljuskällor som entydigt pekar mot en bredare spektralprofil och efterliknande av dagsljus. HATO-ljuskällan kan användas liksom andra lysrör, halogen eller LED-ljuskällor. Men förståelsen för betydelsen av att vistas i samma våglängder som i dagsljuset ökar vilket kommer att utveckla ljuskällorna mot att bli mer dagsljusefterliknande.

## 12. REFERENSER

- Abraham, U., Albrecht, U. och Brandstätter, R., 2003. *Hypothalamic Circadian Organization in Birds. II. Clock gene expression*. Chronobiology International, 20:657-669.
- Bilčík, B. och Keeling, L. J., 1999. *Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens*. British Poultry Science, 40:444-51.
- Bradsha, R.H., 1992. *Conspecific discrimination and social preference in the laying hen*. Applied Animal Behavior Science, 33:69-75.
- Boshouwers F.M.G, Nicaise E. 1993, *Artificial light sources and their influence on physical activity and energy expenditure of laying hens*. British Poultry Science, 34:11-19.
- Brainard, G.C. och Hanifin, J.J.P., 2005. *Photons, clocks and Consciousness*. Journal of Biological Rhythms, 20(4):314-325.
- Campo J.L., Gil M.G., Dávila S.G. och Muñoz, I. 2007., *Effect of Lighting Stress on Fluctuating Asymmetry, Heterophil-to-Lymphocyte Ratio, and Tonic Immobility Duration in Eleven Breeds of Chickens*. Poultry Science, 86:37-45.
- Collias, N.E. och Collias, E.C., 1967. *A field study of the red jungle fowl in North-Central India*. The Condor, 69:360-386.
- Dawkins M. S., 1982. *Elusive concept of preferred group size in domestic hens*. Applied Animal Ethology, 8:365-375.
- D'Eath, R.B. och Stone R.J., 1999. *Chickens use visual cues in social discrimination: an experiment with coloured lighting*. Applied Animal Behaviour Science, 62:233-242.
- Energimyndigheten. 2010. Glödlampan fasas ut – så här väljer du rätt.
- Etches, R. J, 1996. *Reproduction in Poultry*. CAB International, Wallingford.
- Europeiska kommissionen. 2010. Hur tolkat man den nya informationen på lampförpackningar från september 2010 och framåt.
- Ferrante, V., 2009. *Welfare issues of modern laying hen farming*. Italian journal of animal science, 8:175-189.
- Gunnarsson, S., Oden, K., Algers, B., Svedberg, J. and Keeling, L. 1995. *Poultry health and behaviour in a tiered system for loose housed layers*. Rapport - Institutionen för Husdjurshygien, Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport nr 35, 113 sidor.
- Gunnarsson, S., Heikkilä, M., Hultgren, J. och Valros, A. 2008a, *A note on light preference in layer pullets reared in incandescent or natural light*. Applied Animal Behaviour Science 112:395-399.
- Gunnarsson S., Heikkilä M. och Valros A., 2008b. *Effect of day length and natural versus incandescent light on perching and the diurnal rhythm of feeding behavior in layer chicks (Gallus g. domesticus)*. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A Animal Science, 58:93-99.
- Gunnarsson S., Keeling L.J. och Svedberg J., 1999. *Effect of rearing factors on the prevalence of floor eggs, cloacal cannibalism and feather pecking in commercial flocks of loose housed laying hens*. British Poultry Science, 40:12-18.

- Gustafsson, G., von Wachenfelt, H. och von Wachenfelt, E., 2005. Ljus till frigående värphöns i golvsystem. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi Alnarp, Rapport nr 135.
- Gwinner, E. och Hau, M., 2000. Pineal gland, circadian rhythms and photoperiodism. In: Whittow, C.G. (Ed.) *Sturkie's Avian Physiology* 5<sup>th</sup> edition, Academic Press, London. pp. 557-658.
- Güntürkün, O., 2000, Sensory Physiology: Vision. In: Whittow, C.G. (Ed.) *Sturkie's Avian Physiology*, 5<sup>th</sup> edition, Academic Press, London.
- Hart, N.S., Partridge, J.C. och Cuthill, I.C., 1999. *Visual pigments, cone oil droplets, ocular media and predicted spectral sensitivity in the domestic turkey (Meleagris gallopavo)*. *Vision Research*, 39:3321-3328.
- Hollwich F., 1979. *The influence of ocular light perception on metabolism in man and animal*. Springer- Verlag. New York, New York. 129 pages.
- Hollwich, F. och Dieckhues, B., 1980. *The effect of natural and artificial light via the eye on the hormonal and metabolic balance of animal and man*. *Ophtamologica*, 180:188-197.
- Hörndahl, T., 2007. *Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader- en kartläggning av 16 gårdar med olika driftsinriktning*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT). Alnarp.
- Johnsson, A.L., 2000. *Reproduction in the female*. In: Whittow, C.G. (Ed.) *Sturkie's Avian Physiology*, 5<sup>th</sup> edition, Academic Press, London.
- Kjaer J.B., Vestergaard K.S., 1999. *Development of feather pecking in relation to light Intensity*. *Applied Animal Behaviour Science* 62:243–254.
- Lewis, P. och Morris, T., 2006. *Poultry Lighting; The Theory and Practice*. Nottingham University Press, 170 pages.
- Lewis P.D., Perry G.C., Sherwin C.M. och Moinard C., 2000. *Effect of ultraviolet radiation on the performance of intact male turkeys*. *Poultry Science*, 79:850–855.
- Maddocks S.A., Cuthill I.C., Goldsmith A.R. och Sherwin C.M., 2001. *Behavioural and physiological effects of absence of ultraviolet wavelengths for domestic chicks*. *Animal Behaviour*, 62:1013–1019.
- Okano, T., Yoshizawa, T. och Fukada Y., 1994. *Pinopsin is a chicken pineal photoreceptive molecule*. *Nature* 372:94-97.
- Pechaeck C.S., Andersen, M. och Lockley S.W., 2008. *Preliminary method for prospective analysis of the circadian efficacy of (day)light with applications to health care architecture*. *Leukos*, 5:1-26.
- Prescott, N. B. och Wathes, C. M., 1999. *Spectral sensitivity of the domestic fowl (Gallus g. domesticus)*, *British Poultry Science*, 40: 3, 332-339.
- Prescott N.B., Wathes C.M., Jarvis J.R., 2003. *Light, vision and the welfare of poultry*. *Animal Welfare* 12: 269-288.
- Renema R.A. och Robinson, F.E. 2001a. *Effects of Light Intensity from photostimulation in four strains of commercial egg layers: 1. Ovarian morphology and carcass parameters*. *Poultry Science* 80:1112–1120



- Renema, R.A., Robinson, F.E., Feddes, J.J.R., Fassenko G.M. och Zuidhof, M.J. 2001b. Effects of light intensity from photostimulation in four strains of commercial egg layers: 2. egg production parameters. *Poultry Science*, 80:1121–1131.
- Rubene, D., Håstad, O., Tauson, R., Wall, H. och Ödeen, A. 2010. The presence of UV wavelengths improves the temporal resolution of the avian visual system. *Journal of Experimental Biology*, 213:3357-3363.
- Takahashi, J.S. och Menaker, M., 1984. *Multiple redundant circadian oscillators within the isolated avian pineal gland*. *Journal of Comparative Physiology A*. 154:435-440.
- Thorington, L., Parascandola, L. och Cunningham, L. 1971. *Visual and Biological Aspects of an Artificial Sunlight Illuminant*. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 1:33-41.
- Tucker S A. och Charles D R., 1993. *Light intensity, intermittent lighting and feeding regimen during rearing as affecting egg production and egg quality*. *British Poultry Science*, 34:255–266.
- Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Widoski T.M.; Keeling, L.J. och Duncan, I.J.H. 1992. *The preferences of hens for compact fluorescent over incandescent lighting*. *Canadian Journal of Animal Science*, 72:203-211.
- Zawilska, J.B., Berezin´ska, M., Lorenc, A., Skene, D.J. och Nowak, J.Z., 2004. *Retinal illumination phase shifts the circadian rhythm of serotonin N-acetyltransferase activity in the chicken pineal gland*. *Neuroscience Letters*, 360:153–156.

Frågeformulär som använts vid kartläggning och vid första besöket i samband med Hato-studien. Detta formulär har också använts i samband med kartläggningen av olika stallar.

## Frågeformulär för dokumentation av ljus i befintliga stallar

Datum\_\_\_\_\_Frågeställare\_\_\_\_\_

Besättning:\_\_\_\_\_

Typ av stall\_\_\_\_\_

Typ av inredning\_\_\_\_\_

Insättningsdatum\_\_\_\_\_

Antal insatta hönor\_\_\_\_\_

Ålder vid insättning\_\_\_\_\_

Från vilket kläckeri\_\_\_\_\_

Registreras produktionsdata i Reg Egg\_\_\_\_\_

Äggproduktionen\_\_\_\_\_

Foderförbrukning\_\_\_\_\_

Vilket ljusprogram följs\_\_\_\_\_

Dödlighetsprocent\_\_\_\_\_

Har självdöda/avlivade höns obducerats\_\_\_\_\_

Har hönorna behandlats eller vaccinerats\_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_ Besättning \_\_\_\_\_

Ålder \_\_\_\_\_ V Observatör \_\_\_\_\_

#### 4. Qualitative measures

Please observe the animals from near the house entrance and in the centre of the house for 20 minutes in total in n 2-4 places. Then assess their behavioural expression ('body language') by scoring the following terms:

##### Active, Aktiv

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Relaxed, Avslappnad

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Comfortable, Komfortabel

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Fearful, Ängslig

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Agitated, Upprörd

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Confident, Trygg

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Depressed, Apatisk

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Calm, Lugn

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Content, Belåtenhet

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Tense, Spänd

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Unsure, Osäker

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Energetic, Energisk

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Frustrated, Frustrerad

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Bored, Uttråkad

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Friendly, Vänlig

Min \_\_\_\_\_ Max

##### Positively occupied, Positivt upptagen

Min \_\_\_\_\_ Max

**Scared, Förskräckt**

Min \_\_\_\_\_ Max

**Nervous, Nervös**

Min \_\_\_\_\_ Max

**Happy, Glad**

Min \_\_\_\_\_ Max

**Distressed, Bekymrad**

Min \_\_\_\_\_ Max

**General comments and observations:**

**Tillvägagångssätt vid klinisk bedömning av höns i HATO – samt LED ljus**

Bedöm 100 st höns jämt fördelat i stallet.

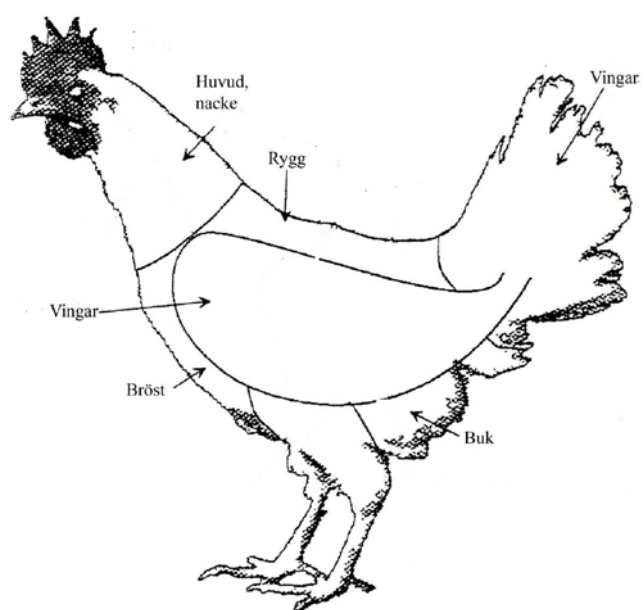
I lösgående flockar samlas hönor in, 25st i taget och sätts i en bur gjord av kompostgaller.

Buren täcks med ett mörkt lakan för att det skall vara lugnt och sedan tas 1 efter 1 ut och bedöms. Den bedömda hönan märks med tuschpenna på benet så att hon inte bedöms 2 ggr.

Är flocken lugn kan man sakta gå genom flocken och plocka 1 efter en och för bedömning.

I stallar med burar så tas en höna ur varje bur som slumpmässigt valts ut. I ett hus med 8 rader skall 12,5 burar jämt fördelat i raden väljas ut.

Bedömning görs av 11 olika parametrar, hull, kam, fjäderdräkten indelad i 5 olika kategorier, skinnet, fötterna och slutligen värpstatusen. Bedömningen sker enligt följande.



Indelning av hönans fjäderdräkt i olika kroppsdelar (modifierad efter Bilcik och Keeling, 1999). Bilden visar gränsen dragits för bedömning av de olika kroppsdelarnas befjädring.

**Poäng vid klinisk bedömning****Hull**

1= Normalt hull. Man känner bröstbenet men det är inte vasst utan det finns ett lager av muskler runt.

2= Fet. Man kan inte känna bröstbenet ordentligt

3= Mager. Man kan känna bröstbenet ordentligt och det finns i princip inga muskler.

4= Mycket mager. Man känner ett vasst bröstben och ingen tillstymmelse till muskler runt omkring.

**Bröstben**

1= Normalt. Bröstbenet är rakt och utan deformation eller broskbildning

2= Deformerat. Bröstbenet är  $\geq 1$ cm deformerat och eller har broskbildning.

### **Kam**

- 1= Normal. Kammen har  $\leq 4$ st märken efter hackning
- 2= Skadad. Kammen har  $\geq 5$ st märken efter hackning

### **Fjäderdräkt, huvud och nacke**

- 1= några fjädrar rufsiga,  $\leq 3$ st som saknas
- 2= många rufsiga fjädrar,  $\geq 4$ st som saknas
- 3= kala områden  $< 5$ cm i diameter
- 4= kala områden  $> 5$ cm i diameter

### **Fjäderdräkt , rygg**

- 1= några fjädrar rufsiga,  $\leq 3$ st som saknas
- 2= många rufsiga fjädrar,  $\geq 4$ st som saknas
- 3= kala områden  $< 5$ cm i diameter
- 4= kala områden  $> 5$ cm i diameter

### **Fjäderdräkt, vingar**

- 1= några fjädrar rufsiga men ingen är bruten eller saknas
- 2= många fjädrar rufsiga och eller ett fåtal fjädrar saknas
- 3= alla fjädrar är rufsiga och eller många fjädrar som är brutna eller saknas
- 4= de flesta fjädrar saknas eller är brutna

### **Fjäderdräkt, buk**

- 1= några fjädrar rufsiga,  $\leq 3$ st som saknas
- 2= många rufsiga fjädrar,  $\geq 4$ st som saknas
- 3= kala områden  $< 5$ cm i diameter
- 4= kala områden  $> 5$ cm i diameter

### **Skinnskador**

- 1=  $\leq 2$ st hack eller rivskador
- 2=  $\geq 3$ st hackskador eller rivskador
- 3= kala områden  $< 5$ cm i diameter
- 4= kala områden  $> 5$ cm i diameter

### **Fötter**

Den fot som ser sämst ut bedöms

- 1= foten är intakt ingen svullnad eller skador på trampdynan
- 2= huden är något skadad eller har märken efter skada eller bumblefoot och eller foten är något svullen
- 3= foten är skadad, svullen

### **Värper**

- 1= ja, tre fingrar (pekfinger, långfinger, ringfinger) får plats mellan blygdbenen
- 2= ibland, 2 fingrar (pekfinger, långfinger) får plats mellan bygdbenen
- 3= nej 1 eller inget finger (pekfinger) får plats mellan blygdbenen

### **Övriga kommentarer**

Vad man tror kan vara relevant för projektet

Vid **Institutionen för husdjurens miljö och hälsa** finns tre publikationsserier:

- \* **Avhandlingar:** Här publiceras masters- och licentiatavhandlingar
- \* **Rapporter:** Här publiceras olika typer av vetenskapliga rapporter från institutionen.
- \* **Studentarbeten:** Här publiceras olika typer av studentarbeten, bl.a. examensarbeten, vanligtvis omfattande 7,5-30 hp. Studentarbeten ingår som en obligatorisk del i olika program och syftar till att under handledning ge den studerande träning i att självständigt och på ett vetenskapligt sätt lösa en uppgift. Arbetenas innehåll, resultat och slutsatser bör således bedömas mot denna bakgrund.

Vill du veta mer om institutionens publikationer kan du hitta det här:  
[www.slu.se/husdjurmiljohalsa](http://www.slu.se/husdjurmiljohalsa)

---

**DISTRIBUTION:**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och  
husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa  
Box 234  
532 23 Skara  
Tel 0511-67000  
**E-post:** [hmh@slu.se](mailto:hmh@slu.se)  
**Hemsida:**  
[www.slu.se/husdjurmiljohalsa](http://www.slu.se/husdjurmiljohalsa)

*Swedish University of Agricultural Sciences  
Faculty of Veterinary Medicine and Animal  
Science  
Department of Animal Environment and Health  
P.O.B. 234  
SE-532 23 Skara, Sweden  
Phone: +46 (0)511 67000  
**E-mail:** [hmh@slu.se](mailto:hmh@slu.se)  
**Homepage:**  
[www.slu.se/animalenvironmenthealth](http://www.slu.se/animalenvironmenthealth)*

---